تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها

سلسلة الإنتاج المتميز لمحاصيل الخضر
وكيفية التعامل مع تحديات إنتاجها وتصديرها

تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

حسن، أحمد عبد المنعم
تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها/ تأليف أحمد عبد المنعم حسن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠١٩ م
٤٨٩ ص, ١٧ × ٢٤- (سلسلة الإنتاج المتميز لمحاصيل الخضر).
تدمك: ١- - - ٩٧٧- ٩٧٨
١. الخضر
٢. الطماطم
أ. العنوان

الطبعة الأولى
١٤٤٠هـ - ٢٠١٩م

رقم الإيداع: /٢٠١٩
تدمك: ١- - - ٩٧٧- ٩٧٨

توزيـــع

القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة (دربالة)

الجيزة: المكتبة الأكاديمية.

المنصورة: المكتبة العصرية.

وكذلك يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

المقدمة

يتناول هذا الكتاب بالشرح كل أنواع التحديات التى تواجه مُنتج ومصدِّر الطماطم وكيف يمكنه مواجهتها. تشمل تلك التحديات كل ما يتعلق بالعوامل البيئية الأرضية منها والجوية، وصفات الجودة المثلى وما يؤثر فيها وكيفية المحافظة عليها، والعيوب الفسيولوجية ومسبباتها وكيفية تجنب حدوثها، ومختلف التحديات المرضية والحشرية وأحدث الأساليب للتعامل معها والحد من أخطارها، وكيفية تداول المحصول وتخزينه وشحنه وتصديره مع المحافظة على جودة المنتج والوسائل المختلفة لإطالة أمده.

أرجو أن أكون قد وُفقت فى تحقيق الهدف من هذا الكتاب، ألا وهو مساعدة منتجى ومصدرى الطماطم فى مواجهة التحديات التى تواجههم. ولا يخفى ما لهذا الكتاب من أهمية بالنسبة لكل من دارسى وباحثى الخضر بوجه عام والطماطم على وجه خاص.

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

محتويات الكتاب

	الصفحة
مقدمة..	٥
الفصل الأول	
تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل أرضية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها	١٧
العقد السريع للثمار فى الأراضى الرملية: المزايا والعيوب	١٧
المزايا: تقليص فترة انخفاض المحصول فى بداية	١٧
العيوب: سرعة العقد قبل اكتساب النمو الخضرى لقوته، وكيفية مواجهة ذلك	١٧
معاملات تحسين إنبات البذور فى الظروف غير المناسبة لإنباتها	١٨
معاملة البرايمنج	١٨
معاملة البذور بالمركب NaHS	٢١
معاملات منع تصلب الطبقة السطحية من التربة	٢١
تحسين الإنبات فى الجو البارد بغطاء بترولى لخط الزراعة	٢٢
شد نقص الرطوبة الأرضية (شد الجفاف) ووسائل التغلب عليه	٢٢
التأثيرات المباشرة لشدِّ الجفاف	٢٢
وسائل زيادة تحمل شدِّ الجفاف	٢٤
شد غدق التربة (زيادة الرطوبة الأرضية) ووسائل التغلب عليه	٢٥
التأثيرات المباشرة لشدِّ غدق التربة	٢٥
وسائل زيادة تحمل شدِّ غدق التربة	٢٦
شدِّ ملوحة التربة ومياه الرى ووسائل التغلب عليه	٢٦
التأثيرات المباشرة السلبية والإيجابية للملوحة العالية	٢٦
تأثير التغير اليومى – بين النهار والليل – فى مستوى الملوحة	٣٠
وسائل الحماية من أضرار الملوحة العالية	٣٢
وسائل الاستفادة من التأثير الإيجابى لزيادة الملوحة، مع تجنبها تأثيراتها	٣٦
التغلب على مشاكل النمو والتغذية فى الأراضى الجيرية والصودية ...	٣٨

الصفحة

المعاملة بالفطر *Beauveria bassiana* ٣٨
المعاملة بالميلاتونين ٣٨
التطعيم على الداتورة ٣٨
التغلب على مشاكل تلوث التربة ٣٩
التطعيم كوسيلة للتغلب على التلوث بالكادميم ٣٩

الفصل الثانى

تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل جوية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها ٤١
تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول المبكرة ٤١
التبكير فى الإزهار صفة وراثية تتأثر بالعوامل البيئية ٤١
العوامل المؤثرة فى سرعة ظهور العنقود الزهرى الأول فى الطماطم ٤٢
تأثير الحرارة المنخفضة على الإزهار والمحصول المبكر......................... ٤٣
تأثير شدة الإضاءة – وتفاعلها مع الحرارة – على الإزهار والمحصول المبكر ٤٦
تأثير الفترة الضوئية على التبكير فى الإزهار ٤٧
تأثير الحرارة العالية بعد العقد على سرعة النضج ٤٨
تأثير المعاملة بمنظمات النمو على عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول ٤٨
تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول الكلى ٤٩
تأثير درجة الحرارة ٤٩
تأثير شدة الإضاءة ٥١
أضرار التعرض للرياح الحارة الجافة ووسائل التغلب عليها ٥٢

أضرار شدِّ التجمد وشدِّ البرودة ووسائل التغلب عليها ٥٢
دور بكتيريا تكوين نويات البللورات الثلجية فى أضرار شدِّ التجمد ٥٢
أضرار شدِّ البرودة على إنبات البذور.. ٥٣
معاملات حماية النمو الخضرى من شدِّ التجمد والحرارة المنخفضة ٥٤
التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالاسبرميدين ... ٥٦

الصفحة

التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالسيلينيم ... ٥٦
العقد الطبيعى للثمار.. ٥٧
العقد البكرى للثمار ٥٩
العوامل المؤثرة فى عقد الثمار.. ٦٠
التوازن بين النمو الخضرى ومحتوى النبات من المواد ٦٠
شدة الإضاءة ٦١
درجة الحرارة ٦١
معاملات تحسين عقد الثمار ٧٣
معاملة الاهتزاز لتحسين عقد الثمار شتاءً فى البيوت المحمية وفى الزراعات ٧٣
معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو البارد ٧٤
معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو الحار ٧٦
تأثير المعاملة بمنظمات النمو على صفات الثمار ٧٨
معاملات تحسين العقد والمحصول فى ظروف متباينة ٨٠

الفصل الثالث

تحديات الإنتاج الخاصة بصفات الجودة ووسائل التعامل معها ٨٣
حجم الثمار ٨٣
طبيعة الزيادة فى الحجم ٨٣

معـــدل الزيـــادة فـــى حجـــم الثمـــرة أو وزنهـــا والعوامـــل المـــؤثرة فيـــه ٨٤
لون الثمار ٨٨
صلابة الثمار ٩١
نكهة الثمار ٩٤
المركبـــــــات المتطـــــــايرة المســـــــئولة عـــــــن النكهـــــــة ٩٤

الصفحة

التغيـــرات فـــى تركيـــز المركبـــات المتطـــايرة مـــع النضـــج ٩٦
تنـــوع المركبـــات المتطـــايرة التـــى أمكـــن التعـــرف عليهـــا ٩٧
طعم الثمار ١٠٠
المواد الصلبة الذائبة الكلية ١٠٠
الحموضة المعايرة ١٠٩
الرقم الأيدروجينى (الـ pH) ١١١
نســبة الســكريات إلـــى الأحمـــاض وأهميـــة عـــدد مســـاكن الثمـــرة ١١٣
عوامل أخرى تؤثر فى الطعم ١١٤
لزوجة العصير ١١٥

الفصل الرابع

تحديات الإنتاج الخاصة بالعيوب الفسيولوجية ووسائل تجنبها ١١٧
تعفن الطرف الزهرى ١١٧
الأعراض ١١٧
العوامل المسببة للظاهرة ١١٩
طبيعة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى ١٢٤
طرق الوقاية من الإصابة ١٢٨
تشققات الثمار ١٣٤
تشقق أديم الثمار ١٣٩

العوامل المرتبطة بظاهرة التشقق الأديمى ١٤٠
وسائل الحد من التشقق الأديمى ١٤١
خشونة الأكتاف ١٤٢
لفحة الشمس ١٤٢
النضج المتبقع أو المتلطخ ١٤٤
أعراض الجدر الرمادية والبيضاء والتلون البنى الداخلى ١٤٥
الصفحة
مسببات النضج المتبقع أو غير المنتظم بأنواعه ١٤٦
البقع الغائمة ١٥٢
الكتف الأصفر أو القمة الصفراء ١٥٣
ندوب الطرف الزهرى ووجه القط وتشوهات الثمار ١٥٥
الجيوب ١٥٨
العقد الجاف ١٥٨
البثور الذهبية ١٥٩
أضرار البرودة ١٦١
النموات السطحية البارزة بالأوراق والسيقان ١٦٢
الانخفاضات الطولية الغائرة بساق النبات ١٦٢
الساق اللبية (غير المصمتة) ١٦٣
التفاف الأوراق ١٦٣
العيوب والنموات غير العادية الوراثية ١٦٤
الثمار المتليفة ١٦٤
الأوراق الذابلة ١٦٤
النموات الفضية ١٦٤
إنبات البذور داخل الثمرة ١٦٥
العيوب والنموات غير العادية التى لا تُعرف مسبباتها ١٦٦

توقف النمو القمى للشتلات ١٦٦

مراجع فى فسيولوجيا الطماطم ١٦٦

الفصل الخامس

تحديات الإنتاج المرضية والحشرية ووسائل التغلب عليها

أولاً: الأمراض الفطرية والبكتيرية ١٦٧

بعض الوسائل العامة المستخدمة فى المكافحة ١٦٧

الصفحة

الذبول الطرى أو تساقط البادرات ١٧٧

الذبول الفيوزارى ١٨١

ذبول فيرتسيليم ١٨٦

عفن الجذر والتاج الفيوزارى ١٨٧

أعفان الجذور الأخرى الفطرية ١٨٩

الندوة المتأخرة ١٩٢

الندوة المبكرة ١٩٥

البياض الدقيقى ١٩٦

عفن الثمار الألترنارى ١٩٧

العفن الرمادى ١٩٨

عفن التربة وأعفان الثمار الأخرى ٢٠١

الذبول البكتيرى ٢٠٢

النقط البكتيرية والبقع البكتيرية ٢٠٦

الفصل السادس

تحديات الإنتاج المرضية والحشرية ووسائل التغلب عليها

ثانيًا: الأمراض الفيروسية والنيماتودا والحشرات ٢١١

فيرس موزايك الطماطم ٢١١

فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم ٢١٤

عوائل الفيرس ٢١٤

المكافحة ٢١٥
فيرس ذبول الطماطم المتبقع ٢٢٥
النيماتودا ٢٢٦
الحفار والدودة القارضة ٢٣٤
الجعل ذو الظهر الجامد أو الجعل الأسود ٢٣٤
دودة ثمار الطماطم أو دودة اللوز الأمريكية ٢٣٤
دودة درنات البطاطس ٢٣٥

الصفحة

دودة ثمار الطماطم الدبوسية ٢٣٥
توتا أبسولوتا ٢٣٦
تعريف بالتوتا أبسولوتا ٢٣٦
العوائل ٢٣٧
دورة الحياة ٢٣٧
مظاهر الإصابة ٢٣٨
المكافحة ٢٣٩
العنكبوت الأحمر ٢٤١

الفصل السابع

تحديات التصدير ووسائل التغلب عليها

أولاً: من المزرعة إلى محطة التعبئة ٢٤٣
الممارسات الزراعية الجيدة للطماطم فى حقول وصوبات الإنتاج ٢٤٣
عوامل الإنتاج المؤثرة فى جودة الثمار بعد الحصاد ٢٤٦
شدة الضوء والتظليل ٢٤٧
الرطوبة الأرضية ٢٤٨
المعاملات السمادية ٢٤٨
التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون ٢٤٩
الإصابة بالذبابة البيضاء والنضج غير المنتظم ٢٤٩

المعاملة بالإثيفون قبل الحصاد ٢٥٠
تأثير حالة الثمار وطريقة تداولها عند الحصاد وبعده على نوعيتها ٢٥٢
مدى اكتمال نمو الثمار عند الحصاد ٢٥٢
سـرعة الـتخلص مـن حـرارة الحقـل heat field بعمليـة التبريـد الأوّلـى ٢٥٢
مـدى إصـابة الثمـار بالأضـرار Physical Injuries ٢٥٣
التعرض لدرجات حرارة غير مناسبة ٢٥٤
العيوب الفسيولوجية ٢٥٨
الأضرار المرضية ٢٥٨

الصفحة

التغيرات التى تحدث فى ثمار الطماطم أثناء نضجها على النبات ٢٦٠
الممارسات الإدارية الجيدة BMP فى محطات التعبئة ٢٦١

الفصل الثامن

تحديات التصدير ووسائل التغلب عليها

ثانيًا: معاملات ما بعد الحصاد للمحافظة على الجودة وإطالة أمدها ٢٦٩
معاملات خاصة تعطاها الطماطم قبل التخزين أو أثناءه ٢٦٩
المعاملة بالبلازما البارد ٢٦٩
التعريض لحرارة مرتفعة نسبيًّا قبل التخزين ٢٦٩
التعـريض للـدفء بصـورة متقطعـة أثنـاء التخـزين ٢٧٣
المعاملة بالماء المعدنى ٢٧٤
معاملة ندبة عنق الثمرة بالشيتوسان ٢٧٤
تغليف الثمار بأغشية مأكولة ٢٧٤
المعاملة بالإثيلين ٢٧٦
المعاملة بالـ 1-MCP ٢٧٧
المعاملة بالـ AVG ٢٧٨

المعاملة بالمثيل جاسمونيت ٢٧٩
المعاملـــــة ببيكربونــــــات الصــــــوديوم مــــــع المــــــاء الســــــاخن ٢٨١
المعاملة بالأحماض الأمينية ٢٨١
المعاملة بمتعددات الأمين ٢٨١
الغمر فى محاليل أملاح الكالسيوم ٢٨٢
التعريض لأبخرة الكحول الإثيلى ٢٨٢
التعريض لأبخرة الهكسانال ٢٨٢
التعريض لأبخرة الأسيتالدهيد ٢٨٣
التعريض لأبخرة حامض الخليك ٢٨٣
المعاملة بمضادات الأكسدة ٢٨٤
المعاملة بالأوزون ٢٨٤
الصفحة
المعاملة بأكسيد الكلورين ٢٨٤
المعاملة بأكسيد النيتريك ٢٨٥
المعاملة بالبراسِّينواستيرويدات ٢٨٥
المعاملة بحامض الجبريللك ٢٨٥
المعاملة بالهارين ٢٨٦
التعريض للموجات الصوتية قليلة التردد ٢٨٦
التعريض للأشعة الحمراء ٢٨٦
التعـــــريض للأشـــــعة تحـــــت الحمـــــراء أثنـــــاء التخـــــزين ٢٨٧
التعريض للضوء الأزرق ٢٨٧
المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية ٢٨٨
التخزين ٢٩٠
التخزين فى الحرارة المنخفضة ٢٩٠
التخـــزين فــــى الجـــو المعـــدل والجـــو المـــتحكم فـــى مكوناتـــه ٢٩٣

التخزين تحت ضغط منخفض ٢٩٤
التخزين تحت ضغط مرتفع ٢٩٥
التصدير ٢٩٦
الطماطم المجهزة للمستهلك (الجاهزة للأكل) ٢٩٧
مصادر إضافية ٢٩٨

المراجع ٢٩٩

الفصل الأول

تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل أرضية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل بعض مشاكل الإنتاج — أو تحدياته — التى تواجه مُنتج الطماطم، والتى يكون مردها إلى عوامل أرضية غير مناسبة، تنحرف قليلاً — أو كثيرًا — عن الظروف المثلى للإنتاج، وكيف يمكن التعامل مع تلك التحديات لأجل التغلب عليها.

العقد السريع للثمار فى الأراضى الرملية: المزايا والعيوب

المزايا: تقليص فترة انخفاض المحصول فى بداية الربيع

تُفيد الزراعات الصيفية المبكرة فى الأراضى الرملية لأصناف الطماطم شديدة التبكير فى النضج فى إنتاج محصول جيد قبل أن تبدأ أى من الأصناف الأخرى فى الإثمار؛ وبذلك يمكن تقليص فترة انخفاض المحصول بين العروات فى بداية فصل الربيع بزراعة تلك الأصناف وأمثالها من الأصناف شديدة التبكير.

العيوب: سرعة العقد قبل اكتساب النمو الخضرى لقوته، وكيفية مواجهة ذلك

تتميز أصناف التصنيع الحديثة بإنتاجها المبكر — خاصة فى الأراضى الرملية — مع تركيز نضج ثمارها خلال فترة زمنية قصيرة، كما فى أصناف يوسى ٨٢، وبيتو ٨٦، وكاسل روك وغيرها. وللحصول على أعلى إنتاجية من تلك الأصناف لابد من إعطاء عناية خاصة لعمليات الخدمة الزراعية. فلو أزهرت النباتات وهى لا تزال صغيرة، فسوف يُضعِف العقد الغزير المبكر النمو الخضرى بشدة أو يُوقفه؛ فينخفض المحصول

تبعًا لذلك؛ لذا.. يجب الاهتمام بالرى منذ البداية بمعنى أن يكون منتظمًا، وألاّ تترك التربة لتجف، مع تجنب فترة الرى (التصويم) التى تُتَّبع مع الأصناف الأخرى غير المحدودة النمو. كما يجب تجنب الرى الغزير الذى يقلل من نسبة المواد الصلبة الذائبة فى الثمار، على أن تتم أيضًا إضافة جزء كبير من الأسمدة للنباتات خلال الشهر الأول بعد الشتل نظرًا لكون تلك الأصناف مبكرة بدرجة ملحوظة؛ إذ تُعطى معظم أزهارها خلال الشهر الثانى بعد الشتل. ويفيد التسميد المبكر فى دفع النباتات لتكوين أكبر قدر ممكن من النمو الخضرى قبل أن تبدأ فى الإزهار. كذلك تجب زراعة النباتات بكثافة عالية، فتزرع كل ثلاثة نباتات فى حفرة (جورة) واحدة على مسافة ٣٠ سم بين الجور فى الخط، وتكون مصاطب أو خطوط الزراعة بعرض ١٠٠–١٢٠ سم.

معاملات تحسين إنبات البذور فى الظروف غير المناسبة لإنباتها

نظرًا لتداخل الظروف البيئية — الأرضية والجوية — فى التأثير على إنبات البذور؛ لذا.. فإننا نتناول هذا الموضوع بالشرح دونما تمييز بين مختلف العوامل البيئية المؤثرة فى الإنبات.

معاملة البرايمنج

تُجرى معاملة البرايمنج للبذور seed priming بنقع البذور فى محاليل ذات ضغط أسموزى مرتفع قبل زراعتها، وذلك بتشريب البذور بالماء بكمية تكفى — فقط — لوصولها إن بداية مرحلة الإنبات، وإحداث تغيرات فسيولوجية أولية فى أجنة البذور؛ تؤدى عند زراعتها فى الحقل بعد ذلك — فى ظروف غير مثلى للإنبات (مثل الحرارة المنخفضة، والحرارة العالية، والملوحة)، إلى زيادة نسبة البذور النابتة. هذا.. مع العلم أن الضغط الأسموزى العالى للمحاليل التى تنقع فيها البذور يمنع استمرارها فى الإنبات خلال فترة النقع.

ويُستخدم لنقع البذور محاليل ذات ضغط أسموزى عالٍ لأملاح مثل نترات البوتاسيوم، وفوسفات ثنائى البوتاسيوم، ونترات الكالسيوم، وكلوريد الكالسيوم، أو

محاليل من البوليثيلين جليكول ٦٠٠٠ أو ٨٠٠٠ بتركيز ١٪ –٣٪، مع إجراء النقع لمدة ٥–١٠ أيام فى حرارة معتدلة. تزرع البذور المعاملة مباشرة، أو قد تجفف جيدًا فى الظل، ويمكن أن تخزن لمدة ١,٥–٣ شهور على حرارة ٤ °م قبل زراعتها (حسن ٢٠١٥).

ومما يُذكر أن خاصية إنبات بذور الطماطم فى الحرارة المرتفعة تختلف عن خاصية قدرة الأزهار على العقد فى تلك الظروف. وبينما يتميز صنف الطماطم Solarset بقدرة ثماره على العقد فى الحرارة العالية، فإن بذوره تنبت بصورة جيدة فى مجال حرارى يتراوح بين ١٤ و ٣١ °م، ولكن يقل إنباتها بشدة فى حرارة ٣٣ °م، ويتوقف كليًّا – تقريبًا – فى حرارة ٣٦ °م؛ بسبب دخول البذور فى حالة سكون حرارى تحت هذه الظروف. وقد وجد Cantliffe & Abebe (١٩٩٣) أن نقع بذور الطماطم فى محلول مهوّى (أى تمرر فيه فقاقيع من الهواء) من نترات البوتاسيوم أو البوليثيلين جليكول ٨٠٠٠ Polyethylene glycol 8000 يصل ضغطهما الأسموزى إلى ١٢ بارًا لمدة ٦–٨ أيام على حرارة ٢٥ °م أدى إلى زيادة إنبات البذور عندما زرعت بعد ذلك فى حرارة ٣٥ °م، وكانت المعاملة بالبوليثيلين جليكول أفضل من المعاملة بنترات البوتاسيوم فى هذا الشأن.

إن من أفضل معاملات الـ osmopriming (النقع فى محاليل ذات ضغط أسموزى مرتفع) لبذور الطماطم هى بنقعها فى محلول من نترات البوتاسيوم KNO_3 أو فوسفات ثنائى البوتاسيوم ذات ضغط أسموزى قدره –٠,٩ ميجا باسكال، وذلك لمدة ٧ أيام على حرارة ٢٠ ± ١ °م، ثم شطف البذور بالماء وإعادة تجفيفها.. أدت هذه المعاملة إلى زيادة سرعة إنبات البذور فى مدى حرارى تراوح بين ١٠، و٢٥ °م، مع زيادة تجانس الإنبات (Mauromicale & Cavallaro ١٩٩٧).

وفى دراسة أخرى.. كانت معاملة نقع البذور فى محلول KNO_3 بتركيز ١٥٠ مللى مولار – مقارنة بالنقع فى محاليل ملحية أخرى والـ PEG– هى الأفضل لزيادة

نسبة الإنبات، خاصة فى الحرارة المنخفضة التى تراوحت بين ١٠، و١٥ °م (Kang & Cho ١٩٩٦).

كذلك أدت معاملة نقع بذور الطماطم لمدة ثمانية أيام على ١٨ ± ١ °م فى محلول مهوى من $KNO_3 + K_2HPO_4$ ذات ضغط أسموزى –١,٠ ميجا باسكال إلى إسراع إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة بمقدار حوالى خمسة أيام، وكانت تلك المعاملة أفضل من معاملة النقع فى الـ PEG (Cavallaro وآخرون ١٩٩٤).

وتفيد معاملة بذور الطماطم قبل زراعتها (seed priming) فى تحسين إنباتها فى كل من ظروف الشدِّ البيئى (التى تفيد معها معاملة الـ osmopriming)، وظروف تواجد فطر البثيم (التى تفيد معها معاملة الـ biopriming). تُجرى معاملة الـ osmopriming بنقع البذور فى محلول نترات الصوديوم بتركيز –٠,٨ ميجا باسكال لمدة ٧ أيام، ثم تجفيفها إلى محتواها الرطوبى الأصلى (حوالى ١٤٪). أما معاملة الـ biopriming فتُجرى – بالاشتراك مع معاملة الـ osmopriming (حيث يُطلق عليها اسم bio-osmopriming) – بنقع البذور فى محلول نترات صوديوم مهوى بتركيز –٠,٨ ميجا باسكال مضافًا إليه خليط من بيئة مغذية (nutrient broth، و polyalkylene glycol)، والبكتيريا *Pseudomonas chlororaphis* (سابقًا: *P. aureofaciens*) لمدة ٤ أيام، ثم نقعها فى الماء لمدة ثلاثة أيام إضافية. تبين أنه فى غياب أى مسببات أمراض فى بيئة الزراعة لم تظهر أى فروق معنوية بين معاملتى الـ osmopriming والـ bio-osmopriming. وقد احتوت بذور المعاملة الأخيرة على ١٠^{٧} خلية بكتيرية/ بذرة، مقارنة بنحو ١٠^{٨} خلية بكتيرية/ بذرة فى حالة تغليف البذور بالبكتيريا (bacterial coating). وبينما وفرت المعاملة الأخيرة حماية من الإصابة بالفطر *Pythium ultimum* تماثلت مع تلك التى وفرتها المعاملة بالمبيد metalaxyl، فإن معاملة الـ bio-osmopriming وفرت حماية أيضًا ولكن بدرجة أقل (Warren & Bennett ١٩٩٩).

ولدرجة الحرارة التى تجفف عليها البذور بعد تعريضها لمعاملة الـ priming دور هام فى نجاح تأثير المعاملة؛ فعندما نُقعت بذور الطماطم لمدة أربعة أيام على حرارة ٢٠°م فى محلول KNO_3 بتركيز ١٥٠ مللى مولار ازدادت نسبة الرطوبة فيها من ٧٪ قبل المعاملة إلى ٤٧٪ بعدها، وكان ذلك المحتوى الرطوبى أقل بمقدار ٢٪ عما فى معاملة النقع فى الماء، وقد أعطت معاملة تجفيف البذور على ٢٠°م – مقارنة بالتجفيف على ٤٠°م – نتائج أفضل فيما يتعلق بكل من قوة الإنبات ونسبته، مع انخفاض فى تسرب الأحماض الأمينية والسكريات من البذور (Kang وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ويفيد الـ seed priming فى تقليل المقاومة الميكانيكية لأنسجة الإندوسيرم لبروز الريشة والجذير عند الإنبات (Kang وآخرون ١٩٩٦).

معاملة البذور بالمركب NaHS

وجد أن إنبات بذور الطماطم ينخفض من ٩٢,٣٪ إلى ١٪ عند زيادة شد أيون النترات (NO_3^-) من صفر إلى ٢٠٠ مللى مول، وأدت المعاملة بالمركب NaHS – المنتج للـ H_2S – بتركيز وصل إلى ١٠٠ ميكرومول إلى التغلب على التأثير المثبط للنترات على الإنبات، وربما حدث ذلك من خلال زيادة المعاملة لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة (Li وآخرون ٢٠١٥).

معاملات منع تصلب الطبقة السطحية من التربة

أمكن منع تصلب الطبقة السطحية من التربة – الأمر الذى يضعف إنبات البذور – بإضافة طبقة من الفيرميكيوليت Vermiculite بسمك ٢,٥ سم فوق خط الزراعة، ثم تثبيتها بالبترول.

كذلك يفيد التوقيت المناسب للرى بالرش فى تجنب تكوين هذه القشور السطحية الصلبة التى تمنع إنبات البذور.

ومما يذكر أيضًا أن رش محلول ٢٠٪ حامض فوسفوريك فى شريط بعرض ٨–١٠ سم فوق خط الزراعة يؤدى إلى منع تصلب الطبقة السطحية للتربة. ويكون ذلك بمعدل ٨٠ كجم من حامض الفوسفوريك للهكتار (أو نحو ٣٣ كجم للفدان).

تحسين الإنبات فى الجو البارد بغطاء بترولى لخط الزراعة

وجد أن إضافة طبقة من الغطاء البترولى petroleum mulch فوق خط زراعة البذور بعرض ١٥ سم، تُفيد فى رفع حرارة التربة بمقدار ١–٣ درجات مئوية؛ مما يساعد على زيادة سرعة الإنبات وتجانسه. وتجب فى هذه الحالة إضافة الأسمدة الآزوتية، والفوسفاتية تحت البذور قبل إضافة الغطاء البترولى، وتتراوح الكمية اللازمة من البترول بين ٢٠٠–٤٠٠ لتر للفدان، ويستعمله بعض المزارعين فى كاليفورنيا بغرض تثبيت سطح التربة، ومنع تصلبها قبل إنبات البذور. وتجدر الإشارة إلى أن الغطاء البترولى لا يكون مؤثرًا على حرارة التربة فى الجو الملبد بالغيوم، وذلك لأن أشعة الشمس ضرورية لرفع حرارته، كما أنه لا يكون مؤثرًا عندما تكون حرارة التربة ١٤°م، أو أعلى من ذلك.

شد نقص الرطوبة الأرضية (شد الجفاف) ووسائل التغلب عليه

التأثيرات المباشرة لشدّ الجفاف

يؤدى تعريض نباتات الطماطم لشدّ رطوبى (نقص فى الرطوبة الأرضية) إلى نقص فى معدل النتح، وزيادة فى حرارة النمو الخضرى، مع غلق للثغور. هذا علمًا بأن توصيل الأوراق لغاز ثانى أكسيد الكربون يبلغ أقصاه فى الأوراق القمية للنبات، ويقل — تدريجيًّا — فى الأوراق التى تليها إلى أسفل (Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥).

كذلك يؤدى تعرض النباتات لظروف الشدّ الرطوبى إلى إنتاجها لحامض الأبسيسك، وهو هرمون طبيعى يؤثر مباشرة على الجهد الأسموزى للخلايا الحارسة؛ مما يؤدى إلى إغلاق الثغور. كذلك يُنشِّط حامض الأبسيسك إنتاج الإيثيلين فى الأوراق والثمار فى عديد من الأنواع النباتية. وقد وُجِدَ فى الطماطم أن كلاً من الشد الرطوبى وظروف الغدق (تشبع التربة بالرطوبة) أحدثتا زيادة فى تركيز كل من حامض الأبسيسك والإيثيلين فى النباتات.

وقد وجد Shinohara وآخرون (١٩٩٥) أن تعريض نباتات الطماطم النامية فى مزارع الحصى إلى شدٍّ رطوبى أدى إلى نقص المحصول وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة

الكلية فى الثمار، مقارنة بنباتات الكنترول. كذلك انخفض معدل البناء الضوئى ومعدل النتح بشدة بعد تعرض النباتات لمعاملة الشد الرطوبى مباشرة، ولكن المعدلات عادت إلى طبيعتها — تدريجيًّا — بعد ذلك بالرغم من استمرار معاملة الشد الرطوبى. وأدى الشد الرطوبى إلى زيادة معدل انتقال الغذاء المجهز إلى الثمار.

وعندما عرضت نباتات الطماطم لنقص فى الرطوبة الأرضية بخفض الجهد المائى فى وسط الزراعة من −٠,٥ إلى −١,٢ ميجاباسكال نقص النمو الخضرى للنباتات وقلَّ محصولها، وازدادت نسبة الثمار التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى، ولكن ذلك كان مصاحبًا بتحسن واضح فى نوعية الثمار، حيث كانت أفضل لونًا، وازداد تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية فيها، وكان محتواها من السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز أعلى من ثمار النباتات التى لم تتعرض لمعاملة الشدِّ الرطوبى. وقد كانت ثمار النباتات التى تعرضت لمعاملة الشدِّ الرطوبى أكثر إنتاجًا لكل من ثانى أكسيد الكربون والإثيلين (Pulupol وآخرون ١٩٩٦).

وقد وجد Sanders وآخرون (١٩٨٩) أن زيادة مياه الرى — فى حدود معينة — أدت إلى زيادة محصول الطماطم، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى محتوى الثمار من كل من المواد الصلبة الذائبة، والمواد الصلبة الكلية. ولكن ازداد فى المقابل محصول المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة الكلية من وحدة المساحة المزروعة، وتحسن كل من pH الثمار (حيث انخفض)، ولونها، وحجمها، كما ازداد محتواها من الحموضة المعايرة، وجميعها صفات لها أهميتها القصوى بالنسبة لمحصول طماطم التصنيع. وباستثناء النقص الذى حدث فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة عندما زيدت مياه الرى، فإن التغيرات التى أحدثتها زيادة الرى فى جميع الصفات الأخرى تُحسِّن — كذلك — من صفات محصول الاستهلاك الطازج.

وبالمقارنة .. وجد Branthôme وآخرون (١٩٩٤) أن خفض معدل الرى إلى ٧٠٪ من النتح والتبخر evapotranspiration — مقارنة بالمعدلات الأعلى من ذلك وحتى

١٣٠٪ – أدى إلى تحسُّن فى معظم صفات الجودة لطماطم التصنيع، مثل الحموضة، واللون، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وسائل زيادة تحمل شدِّ الجفاف

المعاملة بمضادات النتح

وجد Rao (١٩٨٥) أن مضاد النتح antitranspirant بى إم أى PMA أدى إلى غلق الثغور، وقلل تأثير النتح على عملية البناء الضوئى. كما وجد أن رش النباتات بالكاولينيت Kaolinite (وهو أحد أنواع الطين العاكسة للضوء) أدى إلى زيادة مقدرة الأوراق على عكس الضوء الساقط عليها؛ مما أدى إلى انخفاض درجة حرارة الأوراق، ونقص معدل النتح، وإحداث نقص بسيط فى معدل البناء الضوئى. وقد أدى رش النباتات مرة واحدة بأى من مضادات النتح بى إم أى PMA، أو ٨ – إتش كيو 8-HQ، أو كاولينيت فى مرحلة بداية تكوين البراعم الزهرية إلى زيادة محصول الطماطم.

كذلك قارن Ibrahim وآخرون (١٩٩٣) تأثير معاملة النموات الخضرية للطماطم بنوعين من مضادات النتح الغشائية film-type (هما: ١,٢٥٪ مستحلب زيت بذرة الكتان، و١,٢٥٪ مستحلب شمعى)، وأحد مضادات النتح التى تُغلق الثغور stomatal antitranspirant (هو: phenyl mercuric acetate بتركيز ٠,٠١ مللى مولارًا)، ووجدوا أن مضادات النتح الغشائية أحدثت زيادة معنوية فى المحصول، بينما أدى مضاد النتح الثغرى (الأخير) إلى نقص المحصول، مقارنة بمعاملة الشاهد. كما أدت جميع معاملات مضادات النتح إلى زيادة كفاءة استعمال الماء ونقص حاجة النباتات إلى الرى، مقارنة بالكنترول.

المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية

أدت المعاملة بمستخلص حشيشة (طحلب) البحر *Ascophyllum nodosum* (التى تعرف باسم rockweed) رشًّا على النمو الخضرى لشتلات الطماطم بتركيز ٠,٥٪

إلى تحفيز نموها، بينما أدت المعاملة به عن طريق التربة بتركيز ٠,٥–١,٠٪ إلى زيادة عدد الأزهار، وزيادة القدرة على تحمل الجفاف (Li & Mattson ٢٠١٥).

المعاملة بالسيليكون

ربما يلعب السيليكون دورًا فى الأيض والأنشطة الفسيولوجية فى ظروف شدِّ الجفاف عند المعاملة به فى النباتات التى لا تُراكم العنصر. وقد وجد أن السيليكون وُفر حماية للكلوروبلاستيدات من أضرار التأكسد الشديدة، مثل تلف أغشية الجرانا grana والاستروما stroma (Cao ٢٠١٥).

شد غدق التربة (زيادة الرطوبة الأرضية) ووسائل التغلب عليه

التأثيرات المباشرة لشدِّ غدق التربة

تُنتج نباتات الطماطم هرمون الإثيلين لدى تعرضها لمختلف ظروف الشدِّ البيئى. وقد تبين أن ظروف غدق التربة — التى يقل معها الأكسجين فى بيئة الجذور تؤدى إلى زيادة إنتاج المركب 1-aminocyclopropane-1-lcarboxylate (اختصارًا: ACC) فى الجذور — وهو المركب البادئ للإثيلين — بسبب تحفيز ظروف الغدق لنشاط الإنزيم ACC synthase المسئول عن تكوين الـ ACC. وقد وجد Olson وآخرون (١٩٩٥) أن ظروف الغدق تحفز نشاط الجين Le-acs3 المسئول عن تكوين الإنزيم ACC synthase فى الطماطم.

وقد أدى تعريض نباتات الطماطم لظروف التشبع الرطوبى التام لمدة ٧٢ ساعة إلى زيادة الجهد المائى للأوراق Leaf Water Potential، ومحتواها من البرولين، مع زيادة فى نشاط إنزيم نيتريت ردكيتز Nitrate Rductase، فى حين أدت المعاملة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Dell'Amico وآخرون ١٩٩٤).

ولقد وجد Basiouny وآخرون (١٩٩٤) أن تعريض نباتات الطماطم لإضاءة منخفضة (٦٠٠ ميكرومول/م^{٢}/ثانية من الأشعة النشطة فى عملية البناء الضوئى)، أو

لظروف الغدق (شد رطوبى قدره ٠,٠٠١ ميجاباسكال) أدى إلى زيادة محتواها من كل من حامض الأبسيسك، والإثيلين، ونقص محتواها من الكربوهيدرات والكلوروفيل.

وسائل زيادة تحمل شدِّ غدق التربة

وجد أن تطعيم الطماطم على أصل الباذنجان Arka Rakshak أسهم كثيرًا فى تحسين التحمل للفسيولوجى لشدِّ غدق التربة؛ ترتب عليه زيادة القدرة على البقاء وزيادة المحصول تحت تلك الظروف (Bhatt وآخرون ٢٠١٥).

شدِّ ملوحة التربة ومياه الرى ووسائل التغلب عليه

التأثيرات المباشرة السلبية والإيجابية للملوحة العالية

إن لملوحة التربة أو مياه الرى تأثيرات بالغة على نوعية ثمار الطماطم من وجوه شتى، ونناقش هذا الموضوع تحت خاصية المواد الصلبة الذائبة لأنها من أبرز الصفات الثمرية التى تتأثر بالملوحة.

ففى دراسة أجراها Mizrahi (١٩٨٢)، وجد أن إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى الذى تنمو فيه نباتات الطماطم (محلول هوجلند النصف قياسى) بتركيز ٣ أو ٦ جم/لتر ابتداء من مرحلة بداية الإزهار (مقارنة بمعاملة الشاهد التى لم تعامل بكلوريد الصوديوم) أحدثت التغيرات التالية:

١- نقص حجم الثمار.

٢- تحسُّن طعم الثمار.

٣- زيادة نسبة المادة الجافة فى الثمار.

٤- زيادة محتوى الثمار من كل من: المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات المختزلة.

٥- زيادة محتوى الثمار من كل من: الكلور، والصوديوم.

٦- زيادة الحموضة المعايرة فى الثمار، ونقص الرقم الأيدروجينى (الـ pH) بها.

٧- زيادة محتوى الجدار الثمرى الخارجى (البيريكارب pericarp) من مختلف الصبغات.

٨- زيادة درجة التوصيل الكهربائى للعصير.

٩- زيادة إنتاج الثمار من كل من الإثيلين وثانى أكسيد الكربون أثناء نضجها.

١٠- زيادة نشاط إنزيمات: بكتين مثيل استيريز pectin methyl esterase، وبولى مثيل جالاكتورنيز polymethylgalacturonase، وبولى جالاكتورنيز polygalacturonase فى الثمار أثناء نضجها، وهى الإنزيمات المسئولة عن فقد الثمار لصلابتها.

هذا.. بينما أحدثت المعاملة بكلوريد الصوديوم بمعدل ٦ جرامات/لتر نقصًا كبيرًا فى قدرة الثمار على التخزين بعد النضج.

كذلك وجد Att Aly وآخرون (١٩٨٨) أن الملوحة العالية أسرعت نضج ثمار الطماطم، ولكنها ثبطت نموها، كما أدت إلى نقص محتوى الثمار من كل من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، مع زيادة محتواها من كل من الكلور والصوديوم.

وعلى الرغم من أن زيادة تركيز الملوحة من ٢٥ حتى ١٠٠ مللى مول أدت إلى نقص حجم الثمار، فإنها أدت — كذلك — إلى زيادة محتوى الثمار — على أساس الوزن الرطب — من عديد من المركبات المسئولة عن الصفات الأكلية الجيدة والمركبات المعززة للصحة (Zushi & Matsuzoe ٢٠١٥).

إنه لمن المعلوم أن رى الطماطم بالمياه الملحية يؤدى إلى تحسّن ملموس فى نوعية الثمار فيما يتعلق بالمذاق، واللون، وتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية، وخاصة السكريات والأحماض، إلا أن ذلك يكون مصاحبًا — عادة — بنقص فى المحصول، يكون مرده — أساسًّا — إلى صغر حجم ثمار النبات فى هذه الظروف. وقد تبين أن

استخدام المياه الملحية (EC = ٦ مللى موز) فى رى نباتات الطماطم – النامية فى تربة رملية – خلال المراحل المتأخرة من النمو النباتى (ابتداء من طور بداية التلوين فى أولى ثمار النبات) لم يكن مؤثرًا على محصول النبات أو حجم الثمار، ولكنه أدى إلى تحسّن معنوى فى صفات الجودة (Mizrahi وآخرون ١٩٨٨)؛ وبذلك يمكن الحصول على مزايا الرى بالمياه الملحية مع تجنب عيوبها.

وتمشيًّا مع نتائج الدراسات السابقة وجد Mitchell وآخرون (١٩٩١) أن رى حقول الطماطم بمياه الصرف المالحة أو تخفيض كمية مياه الرى التى تعطاها هذه الحقول أحدث تحسُّنا جوهريًّا فى نوعية محصول طماطم التصنيع. فقد أدى خفض كمية مياه الرى إلى نقص نسبة الرطوبة فى الثمار، ونقص المحصول، ولكنه أدى إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، وزيادة نسبة ما تحتويه من السكريات السداسية، وحامض الستريك، والبوتاسيوم، وبالمقارنة لم يؤثر الرى بمياه الصرف الملحية على المحصول الكلى أو تركيز السكريات السداسية فى الثمار، ولكنه أحدث نقصًا طفيفًا فى محتوى الثمار من الرطوبة، وأدى إلى زيادة تركيز الأيونات غير العضوية فيها، بينما لم تؤثر أى من معاملتى الرى على محصول الثمار أو محصول المادة الثمرية الصلبة المنتجة من وحدة المساحة. وقد لفت الباحثون الانتباه إلى أن الاستمرار فى إعطاء حقول الطماطم معاملات كتلك التى سبق بيانها سوف يترتب عليه تفاقم مشكلة الأملاح؛ الأمر الذى يتعين معه غسيلها من التربة من آن لآخر.

ولقد وجد Sanden وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة الثمار فى الحجم ترتبط عكسيًّا مع كل من الزيادة فى ملوحة المحلول المغذى، وفترة التعرض للملوحة العالية أثناء تكوين الثمار.

ويزداد تركيز البرولين proline فى أوراق الطماطم فى الظروف القاسية، مثل التعرض للملوحة العالية، أو للجفاف. ويعتقد البعض أن تلك الزيادة من إحدى الوسائل

التى يتكيف بها النبات مع هذه الظروف غير المناسبة، بينما يعتقد البعض الآخر أن تلك الزيادة فى البرولين ليست إلا إحدى الأضرار التى تحدث للنبات نتيجة التعرض للظروف القاسية.

ويتبين من دراسات Snapp & Shennan (١٩٩٤) أن زيادة الملوحة الأرضية تؤدى إلى جعل جذور الطماطم أقل سمكًا، مع زيادة سرعة وصولها إلى مرحلة الشيخوخة بنحو ٥٠٪، وتجعل المجموع الجذرى أكثر قابلية للإصابة بفطر *Phytophthora parasitica* مسبب مرض عفن الجذر الفيتوفثورى.

كذلك درس Xu وآخرون (١٩٩٤) تأثير الملوحة العالية فى المحلول المغذى (EC= ٤,٥ مللى موز/سم)، مقارنة بالملوحة المنخفضة نسبيًّا (EC= ٢,٣ مللى موز/سم)، والشد الرطوبى العالى (امتلاء ٥٥ ٪ من السعة الشعرية بالماء)، مقارنة بالشد الرطوبى المنخفض (امتلاء ٩٥٪ من السعة الشعرية بالماء) على بعض الخصائص الفسيولوجية لنباتات الطماطم النامية فى مزرعة لا أرضية أساسها البيت موس. وجد الباحثون أن زيادة أى من ملوحة المحلول المغذى أو الشد الرطوبى أدت إلى نقص معدل البناء الضوئى، وكان مرد ذلك إلى نقص مماثل أحدثته معاملتى الملوحة والشد الرطوبى فى توصيل الثغور والنسيج الوسطى، مع تأثير أكبر للمعاملتين على توصيل الثغور. كذلك أدت زيادة الملوحة إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ الأمر الذى انعكس على صورة زيادة نسبية فى معدل البناء الضوئى – مقارنة بالكنترول (معاملة الملوحة المنخفضة) – فى مطلع النهار عندما كانت الإضاءة ما زالت ضعيفة. وقد انخفض كذلك الجهد المائى للأوراق بزيادة أى من الملوحة أو الشد الرطوبى؛ مما أدى فى نهاية الأمر إلى انخفاض معدل البناء الضوئى. وقد كان للملوحة العالية والشد الرطوبى العالى تأثيرات متجمعة على كل من البناء الضوئى والعمليات الفسيولوجية المرتبطة به.

وجدير بالذكر أن تعريض النبات للشدّ الرطوبى يُحدث نفس التأثير الذى يُحدثه الرى بالمياه الملحية؛ الأمر الذى قد يمكن معه تطويع نظام الرى لتحقيق أكبر تحسّن

ممكن فى صفات الجودة دون التأثير على كمية المحصول أو حجم ثمار النبات (Mitchell وآخرون ١٩٩١).

ولقد أحدثت زيادة الملوحة من ٠,٥ ديسى سيمنز/م حتى ١٥,٧ ديسى سيمنز/م تأثيرًا سلبيًّا فى كل من المساحة الورقية، وكفاءة استخدام الطاقة الإشعاعية، والوزن الجاف للنموات الهوائية، والمحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق (De Pascale وآخرون ٢٠١٥).

ولذا.. تجب الموازنة بين التأثير الإيجابى لزيادة تركيز الأملاح على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وبين تأثيرها السلبى على المحصول. ويمكن الاستفادة — فى هذا الشأن — من دراسات Cornish (١٩٩٢) التى أجراها على صنف الطماطم فلوراديد Floradae فى مزارع تقنية الغشاء المغذى تحت ظروف الحقل المكشوف، والتى توصل منها إلى أن محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ازداد من ٤,٤٪ عند مستوى ملوحة قدره ١,٥ مللى موز/سم إلى ٥,٩٤٪ عند ٩,٠ مللى موز/سم، بمتوسط زيادة قدرها ٠,١٦٪ لكل ارتفاع قدره مللى موز واحد/سم فى درجة التوصيل الكهربائى، أى فى ملوحة المحلول المغذى المستعمل فى إنتاج الطماطم.

وقد تأكدت هذه التأثيرات الإيجابية للملوحة العالية — على نوعية ثمار الطماطم ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية — تحت ظروف كل من الزراعات الحقلية فى الأراضى الطميية والرملية، والمزارع المائية على حد سواء.

تأثير التغير اليومى - بين النهار والليل - فى مستوى الملوحة

نتناول هذا الموضوع بالدراسة بالنسبة للمزارع اللاأرضية فقط، وهى النوعية الوحيدة من المزارع التى يمكن فيها التحكم فى ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور، وتغيير مستوى الملوحة نهارًا عما يكون عليه الحال ليلاً.

تُنتج الطماطم تجاريًّا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — وغيرها من المزارع المائية أو اللاأرضية — عند مستوى ثابت من الملوحة يتراوح — عادة — بين ٣٠ و ٧٥ مللى مولارًا

(mM) من الأيونات الكلية، وهو ما يعادل ضغطًا أسموزيًا (π) يتراوح بين ٠,٠٧ و ٠,١٨ ميجاباسكال (MPa)، أو درجة توصيل كهربائى (EC) تتراوح بين ٢ و ٥ مللى موز/سم (أو dS/m). ويعتبر هذا المستوى الثابت للملوحة الكلية محصلة لعديد من الدراسات التى أجريت فى هذا المجال. وتؤدى التركيزات الأقل من ذلك للمحاليل المغذية إلى أن يصبح تركيز العناصر الغذائية منخفضًا إلى مستويات حرجة للنمو النباتى، كما قد تؤدى التركيزات الأعلى إلى إحداث تأثيرات سلبية على النمو النباتى من خلال ما تحدثه من ارتفاع فى الضغط الأسموزى لبيئة نمو الجذور.

فمن المعروف أن ارتفاع الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور يقلل من تيسر الماء للنبات. ومع زيادة معدلات النتح، فإن الضغط الأسموزى المرتفع قد يُخفض الجهد المائى فى النبات، وهو ما يرتبط بعدم امتلاء الخلايا؛ الأمر الذى يرتبط يضعف ازدياد الخلايا فى الحجم؛ وبالتالى نقص النمو. كذلك قد يؤدى ارتفاع الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور إلى نقص النمو بسبب انغلاق الثغور الذى يحدث إما كنتيجة لعدم امتلاء الخلايا فى الأوراق، وإما بسبب ما قد يصدر من الجذور من إشارات signals بهذا الخصوص. ويؤدى انغلاق الثغور إلى ضعف النمو بسبب انخفاض معدل البناء الضوئى فى مثل هذه الظروف.

ومن المعروف أن تغير الضغط الأسموزى فى بيئة الجذور يتبعه — دائمًا — تغيرات فورية فى الجهد المائى، ومعدل اتساع الخلايا (زيادتها فى الحجم). وتأسيسًا على ذلك.. اقترح بعض الباحثين أن إحداث تغييرات — لفترات قصيرة — فى مستوى ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور يمكن أن يترتب عليه تحسنًا فى النمو النباتى وفى كمية المحصول ونوعيته. وبالفعل.. وُجِدَ أن خفض مستوى ملوحة المحلول المغذى نهارًا مع بقائه مرتفعًا ليلاً أدى إلى زيادة النمو الخضرى لبادرات الطماطم.وقد اختبر Van Ieperen (١٩٩٦) هذا الأمر فى نباتات الطماطم المثمرة، حيث قام بإنتاج الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى مع استعمال محاليل مغذية اختلفت فى مستوى ملوحتها بين النهار والليل (نهار/ليل) على النحو التالى: ٥/٥، و٩/٩، و٩/١، و١/٩ مللى موز/سم، وكانت نتائج

الدراسة كما يلى: ازداد المحصول كثيرًا فى المعاملة ٩/١، وانخفض فى المعاملة ١/٩، ولكن كان الانخفاض فى المحصول أشد فى المعاملة ٩/٩. وقد أُرجعت معظم الاختلافات فى المحصول بين المعاملات إلى الاختلافات فى متوسط وزن الثمرة، فيما عدا فى المعاملة ٩/٩ التى نقص فيها عدد الثمار — كذلك — بعد ١٢ أسبوعًا من بداية الحصاد. وقبل وصول النباتات إلى مرحلة الإثمار نقص النمو الخضرى للنباتات الصغيرة فى المعاملة ٩/٩، وبدرجة أقل فى المعاملة ١/٩، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥، ولكنه لم يتأثر فى المعاملة ٩/١ مقارنة بالكنترول (٥/٥)، كما حُصِلَ على نتائج مماثلة بالنسبة لمساحة أوراق النبات. وبعد ١٢ أسبوعًا من بداية الحصاد انخفض عدد العناقيد الثمرية فى المعاملتين ٩/٩، و ١/٩، كما ازداد توزيع المادة الجافة إلى الجذور على حساب النموات الخضرية، وذلك مقارنة بما حدث فى المعاملتين ٩/١، و ٥/٥، ولكن توزيع المادة الجافة إلى الثمار ازداد فى المعاملة ٩/١، ونقص فى المعاملة ٩/٩، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥. أما نسبة المادة الجافة فى الثمار فإنها كانت أعلى ما يمكن فى المعاملة ٩/٩، وأقل قليلاً فى المعاملة ٩/١، وذلك مقارنة بالمعاملة ٥/٥، بينما كانت نسبة المادة الجافة فى الثمار فى المعاملة ١/٩ وسطًا بين النسبة فى المعاملتين ٥/٥، و٩/٩.

وسائل الحماية من أضرار الملوحة العالية

غسيل الملوحة العالية من التربة

يجب عدم زراعة الطماطم فى الأراضى الملحية إلا بعد غسيل الأملاح من التربة ويلزم لذلك نحو ٢٠٠٠–٥٠٠٠م^{٣} للهكتار (٨٥٠–٢٠٠٠م^{٣} للفدان)، على أن تكون التربة جيدة النفاذية. كذلك يجب عدم رى الطماطم بالماء الذى تزيد ملوحته عن EC=١,٥ مللى موز millimohs. ويفضل أن يجرى الرى بطريقة التنقيط — فى حالة ضرورة استخدامه — مرة أو مرتين يوميًّا، وبكميات تكفى لغسل الأملاح أولاً بأول، وترشيح الماء الزائد إلى باطن التربة، لكن ذلك لا ينجح إلا فى الأراضى الرملية ذات النفاذية العالية. ولا يجوز استعمال الماء ذى الملوحة العالية فى الرى بالرش، وذلك لاحتمال احتراق أوراق النباتات من جراء تراكم الأملاح عليها بعد تبخر الماء الذى قد يبقى عليها عقب الرى.

معاملات البذور بالبرايمنج

أمكن تحسين إنبات بذور الطماطم تحت ظروف الملوحة العالية، وذلك بنقعها لمدة ثمانية أيام فى محلول مهوى من البوليثيلين جليكول ٤٠٠٠ بتركيز -١٢ بارًا على حرارة ١٦ °م قبل زراعتها فى التربة الملحية. ويحدث نفس التأثير وتزداد قدرة البادرات على تحمل الملوحة بنقع البذور فى محاليل ملحية من كلوريد الصوديوم بتركيز مولارى واحد؛ حيث يتأقلم الجنين فسيولوجيًّا، ويصبح أكثر تحملاً للملوحة بعد إنبات البذور (معاملة البرايمنج priming). وتكون معاملة الملوحة أقوى تأثيرًا إذا أُجريت بتلك الطريقة عما لو أجريت بعد ذلك على نباتات الطماطم فى مرحلة تكوين الورقة الحقيقية الرابعة، كما تكون المعاملة بداية من مرحلة زراعة البذور أقوى تأثيرًا على تحمل النمو النباتى للملوحة عما لو أجريت بعد ذلك. وقد ظهر تأقلم النباتات على الملوحة فى صورة زيادة فى محصول الثمار (Cano وآخرون ١٩٩١، وBolarin وآخرون ١٩٩٣).

الرى بمعدل منخفض عدة مرات يوميًا

يستدل من دراسات Pasternak وآخرين (١٩٩٥) أن رى الطماطم — فى أرض رملية — بمياه ملحية (٦,٢ مللى موز/سم) أدى إلى نقص المحصول بنسبة ٤٤٪، مقارنة بالرى بمياه عذبة (١,٢ مللى موز/سم). ولكن أمكن تجنب التأثير الضار للملوحة العالية لمياه الرى — بصورة تامة — بإجراء الرى بكميات صغيرة خمس مرات يوميًا، فيما وصف باسم pulse-irrigation. فقد أدى اتباع هذه الطريقة إلى نقص واضح فى الزيادة الكبيرة التى تحدث — عادة — فى تركيز الأملاح حول الجذور فى منتصف النهار، والتى تحدث — دائمًا — عند إجراء الرى مرة واحدة يوميًّا.

زيادة التغذية بالبوتاسيوم والكالسيوم

قام Satti وآخرون (١٩٩٤) بزراعة الطماطم فى محاليل مغذية جُعِلتْ ملحية إما بإضافة كلوريد الصوديوم — منفردًا — بتركيز ٥٠ مللى مولا (EC= ٥,٥ مللى موز/سم)،

وإما بإضافة كلوريد الصوديوم بالتركيز السابق مع نترات البوتاسيوم بتركيز ٢ مللى مولا (EC= ٦,٨ مللى موز/سم)، أو بتركيز ٢٠ مللى مولا (EC= ٧,٥ مللى موز/سم)، أو مع كل من نترات البوتاسيوم ونترات الكالسيوم (EC= ٨,٠ مللى موز/سم). وقد وُجِدَ أن إضافة البوتاسيوم والكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى أدت إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بمقدار ٣ إلى ٧ أمثال التركيز فى النباتات النامية فى المحلول المغذى الملحى المضاف إليه كلوريد الصوديوم فقط (معاملة الشاهد). وقد أدت الملوحة العالية إلى نقص طول الساق ونمو الأوراق، إلا أن إضافة البوتاسيوم أدت إلى تحفيز النمو. كذلك أدت الملوحة العالية إلى نقص عدد الأزهار بنسبة ٤٤٪ والمحصول بنسبة ٧٨٪ مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد أدت إضافة البوتاسيوم — وبدرجة أقل الكالسيوم — إلى تقليل الأضرار التى أحدثتها الملوحة العالية على نمو وتطور نباتات الطماطم.

لقد وُجد أن تعريض النباتات للشدِّ الملحى (٧٥ أو ١٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) يؤدى — فى خلال ٣٠ يومًا — إلى تأكسد الدهون (malondialdehyde)، وزيادة النشاط المضادة للأكسدة (supeoxide dismutase، و catalase، و glutathione reductase) فى كل من سلالة المتحملة للملوحة (Indent-1)، وصنف غير متحمل (Red Ball). هذا.. إلاّ أن المعاملة بالبوتاسيوم فى المحلول المغذى أو بالرش الورقى (بتركيز ٤,٥ أو ٩ مللى مول) أثناء حالة الشدِّ الملحى قللت من الـ malondialdehyde والنشاط المضاد للأكسدة، وأدت إلى زيادة النمو فى السلالة المتحملة عما فى السلالة الحساسة للملوحة. ويعنى ذلك أن البوتاسيوم يشكل عاملاً هامًّا فى التخلص من أضرار التأكسد التى تستحثها الملوحة (Amjad وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة بالميكوريزا والأسمدة العضوية

يفيد حقن (عدوى) شتلات الطماطم بميكوريزا mycorhizae سبق عزلها من تربة غير ملحية — وليس بميكوريزا سبق عزلها من تربة ملحية — فى تحفيز النمو الخضرى للنباتات فى ظروف الملوحة العالية (Copeman وآخرون ١٩٩٦).

ولقد أدى شد الملوحة (ماء بحر مخفف إلى EC: ٦ ديسى سيمنز/م) إلى خفض دلائل النمو النباتى، وخفض محتوى النمو الخضرى من النيتروجين والبوتاسيوم، بينما أدى إلى زيادة محتواها من الفوسفور والصوديوم والكالسيوم، بما يعنى إحداثه لحالة من عدم التوازن الأيونى. وقد أدى استعمال سماد بيولوجى (مستخلص الكمبوست + فطر ميكوريزا) إلى تحسين وزن الجذور فى ظروف الملوحة تلك. كما أدت إضافة مادة ناشرة surfactant بمعدل ١ مجم/لتر إلى مساعدة الطماطم فى الاحتفاظ بتوازنها الأيونى (وبخاصة خفض امتصاصها للصوديوم)، وفى تحسين نموها النباتى (Chaichi وآخرون ٢٠١٧).

التطعيم على أصول متحملة للملوحة

يُعد النبات *Lycium chinense* من النباتات الطبية التى تنتمى للعائلة الباذنجانية، وهو — كذلك — يستعمل كخضر، ويتحمل الملوحة العالية. عندما استعمل هذا النبات كأصل للطماطم فإنه أضعف نموها الابتدائى، ولكنها سرعان ما استعادت نموها الطبيعى. وتميزت النباتات المطعومة بعديد من الصفات، منها: زيادة فى معدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيلى، مع صغر فى حجم الثمار، وتحسُّن فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة والنسبة بينهما وفيتامين C بالثمار. وأثر التطعيم على كلٍ من نظام تلوين الثمار (الذى كان أقرب لنظام تلوين ثمار الأصل) والأحماض الأمينية وتسعة من العناصر المغذية (Huang وآخرون ٢٠١٥).

المعاملة بالبوليثيلين جليكول

وجد Szmidt & Graham (١٩٩١) أن إضافة البوليثيلين جليكول إلى بيئة زراعة الطماطم أدت إلى زيادة تحمل النباتات للتركيزات العالية من كلوريد الصوديوم؛ فعند تركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون من الملح فى المحلول المغذى كان محصول الثمار بعد ٢٣ أسبوعًا من الزراعة ١٩,٣، و١٦,٢، ١٢,٢، و٤,٢، وصفر ثمرة/نبات عندما استعمل

الهيدروجل hydrogel أوكسيد البوليثيلين Polyethylene Oxide فى بيئة الزراعة الرملية بنسبة ١٠٠٪، و٧٥٪، و٥٠٪،و ٢٥٪، وصفر٪، على التوالى.

تهوية المحاليل المغذية بهواء غنى بثانى أكسيد الكربون

قارن Cramer & Lips (١٩٩٥) تأثير محاليل مغذية تحتوى على صفر أو ١٠٠ مللى مولاً من كلوريد الصوديوم، ويمرر فيها إما هواء عادى وإما هواء غنى بغاز ثانى أكسيد الكربون (احتوى الهواء على الغاز بتركيز ٥٠٠٠ مللى مولاً/مول)، ووجدا أن النباتات النامية فى المحلول المغذى الملحى تراكم فيها قدرٌ أكبر من المادة الجافة والنيتروجين الكلى عندما كانت تهوية المحلول المغذى بالهواء الغنى بغاز ثانى أسيد الكربون، مقارنة بتهويته بالهواء العادى. وقد كانت هذه النباتات النامية فى محلول مغذٍ ملحى مهوى بهواء غنى بثانى أكسيد الكربون أكثر قدرة على امتصاص النترات ونقلها فى النباتات، مقارنة بالنباتات النامية فى ظروف استعمل فيها هواء عادى فى تهوية المحلول المغذى الملحى. وقد أدت تهوية المحلول المغذى بالهواء الغنى بثانى أكسيد الكربون إلى زيادة وصول الكربون غير العضوى إلى داخل الجذور بمقدار ١٠ أمثال الحال فى المحاليل المغذية التى استعمل فى تهويتها الهواء العادى سواء كانت هذه المحاليل ملحية، أم غير ملحية.

وسائل الاستفادة من التأثير الإيجابى لزيادة الملوحة، مع تجنبها تأثيراتها السلبية

اقترح الباحثون طرقًا مختلفة للجمع بين التأثيرات الإيجابية لزيادة الملوحة، مع تجنب النقص فى المحصول الذى يحدث إذا تعرضت النباتات للملوحة العالية قبل أن تقترب الثمار من مرحلة اكتمال نموها، كما يلى:

١- تتبع ثمار الطماطم المنحنى "السيجمويد" Sigmoid فى نموها، وإذا أعطيت النباتات معاملة الملوحة فى مرحلة متأخرة من نموها — بعد أن يتكون عدد كبير من الثمار، وحتى بعد أن تصل بعض الثمار إلى مرحلة اكتمال نموها — فإنه يمكن تلافى النقص فى المحصول مع استمرار المحافظة على كثير من التغيرات المرغوب فيها فى الصفات الثمرية.

ففى دراسة أجراها Mizrahi وآخرون (١٩٨٨) ورويت فيها نباتات الطماطم بمياه البحر — بطريقة التنقيط بعد تخفيفها إلى ٣ أو ٦ مللى موز/سم، وذلك بداية إما من ظهور الورقة الحقيقية الأولى، وإما من وصول أول ثمرة إلى طور بداية التلوين، أدت معاملة الملوحة — بصفة عامة — إلى تحسين نكهة الثمار، وزيادة نسبة محتواها من المواد الصلبة الكلية والسكريات، بينما لم تتأثر قدرة الثمار على التخزين، ولكن صاحب ذلك كله نقص عام فى المحصول وفى حجم الثمار مقارنة بمعاملة الشاهد. والجديد فى هذه الدراسة أن رى النباتات بالمياه ذات التركيز المنخفض من الأملاح (٣ مللى موز/سم) بداية من المراحل المتأخرة للنمو (عند وصول أول ثمرة إلى طور بداية التلوين) لم يؤثر جوهريًا على المحصول، بينما أحدثت المعاملة تحسنًّا جوهريًا فى صفات الثمار مقارنة بمعاملة الكنترول.

٢- أوصت إحدى العجالات الفنية (ICI Midox, n.d.) بزيادة درجة توصيل المحلول المغذى المستعمل فى المزارع المائية تدريجيًّا من ١,٥-٢,٠ مللى موز/سم إلى ٣-٥ مللى موز/سم بمعدل ٠,٥ مللى موز/سم أسبوعيًّا وإلى حين مرور أسبوعين بعد القطفة الأولى، حيث يُخفَّض تركيز الأملاح فى المحلول المغذى — حينئذٍ — إلى التركيز الابتدائى (١,٥-٢,٠ مللى موز/سم) مرة واحدة. وفى تعديل لهذه الطريقة أوصى بأن يكون خفض درجة التوصل الكهربائى للمحلول المغذى تدريجيًّا، بحيث يصل إلى ٢,٠ مللى موز/سم يعد القطفة الثامنة.

٣- أوصت دراسة أخرى بإعطاء الطماطم — النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — دُفعات يومية لفترات محدودة من محاليل مغذية ذات ملوحة عالية، ويكفى لذلك من فترة واحدة إلى ثلاث فترات يوميًا، تمتد كل منها لمدة ٣٠ دقيقة. هذا إلا أن Niedziela وآخرين (١٩٩٣) لم يجدوا تأثيرًا كبيرًا لهذه المعاملة على نوعية ثمار الطماطم.

وإذا ما قُسِّم المجموع الجذرى للنباتات على بيئتين تختلفان فى درجة ملوحتهما، أو فى درجة ملوحة المحلول المغذى المستعمل فيهما، فإن النباتات تستفيد من كلا الوضعين؛ بمعنى أنها تنمو جيدًا اعتمادًا على الجذور التى تتواجد فى البيئة القليلة أو

المعتدلة الملوحة، بينما تتحسن نوعية الثمار – بزيادة محتواها من كل من الحموضة المعايرة والمواد الصلبة الذائبة – اعتمادًا على الجذور التى تتواجد فى البيئة العالية الملوحة (Tabatabei وآخرون ٢٠٠٤).

التغلب على مشاكل النمو والتغذية فى الأراضى الجيرية والصودية

المعاملة بالفطر *Beauveria bassiana*

إلى جانب قدرة الفطر *Beauveria bassiana* على قتل بعض الحشرات، واستخدامه فى المكافحة الحيوية لهذا الغرض، فإن عدوى بذور الطماطم بالجراثيم الكونيدية للفطر أسهم فى حماية النباتات من أعراض نقص الحديد (chlorosis) عندما كان نموها فى وسط جيرى، وذلك خلال الخمسين يومًا الأولى بعد الزراعة، وتوقفت فاعلية الفطر على مدى توفر الحديد فى وسط الزراعة. هذا مع العلم بأن الفطر استعمر جذور النباتات دون إحداث تأثير سلبى على النمو النباتى (Sánchez-Rodriguez وآخرون ٢٠١٥).

المعاملة بالميلاتونين

يدخل الميلاتونين melatonin – وهو جزئ من الإندول أمين indoleamine – فى عديد من العمليات الفسيولوجية فى النباتات. وقد وجد أن المعاملة بالميلاتونين بتركيز ٠,٥ ميكرومول أعطت تأثيرًا قويًّا فى تحسين النمو النباتى فى ظروف شد القلوية، وخفضت من الشد التأكسدى بحثها لأنشطة الإنزيمات المضادة للأكسدة، وأحدثت تراكمًا فى تركيز كل من حامض الأسكوربيك والجلوتاثيون glutathione بالأوراق؛ الأمر الذى قد يكون له علاقة بحماية الكلوروفيل من التحلل. كذلك خفضت معاملة الميلاتونين من محتوى الصوديوم وزادت من محتوى البوتاسيوم فى الأوراق فى ظروف شدِّ القلوية (Liu وآخرون ٢٠١٥).

التطعيم على الداتورة

أدى تطعيم الطماطم على الداتورة إلى تحسين تحملها لزيادة قلوية التربة (عند زيادة تركيز بيكربونات الصوديوم فى بيئة الزراعة من صفر إلى ٥ ثم إلى ١٠ مللى مول

من $NaHCO_3$). فعندما كان التطعيم على الداتورة (بخلاف التطعيم على الباذنجان، أو عنب الديب البرتقالى، أو سلالة إيرانية محلية من التبغ، أو على الطماطم، أو عدم التطعيم) لم يظهر تأثير جوهرى لزيادة القلوية على الكتلة الطازجة للنمو الخضرى والجذرى، أو على تركيز عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم بالنباتات المطعومة على الداتورة، كما لوحظ أعلى محتوى للبرولين بالأوراق فى النباتات التى طُعِّمَت على الداتورة. كذلك كان محتوى النمو الخضرى من الصوديوم الأقل فى تلك النباتات (Mohsenian & Roosta ٢٠١٥).

التغلب على مشاكل تلوث التربة

التطعيم كوسيلة للتغلب على التلوث بالكادميم

أدى تطعيم الطماطم على أى من الهجن النوعية Maxifort أو Unifort — وخاصة ماكسى فورت — إلى التخلص من الأثر الضار لتواجد الكادميم فى بيئة الزراعة بتركيز متوسط (٢٥ ميكرومول)، أو مرتفع (٥٠ ميكرومول)، والذى تمثل فى نقص المحصول وعدد الثمار ومتوسط وزن الثمرة. وقد ارتبط التأثير الإيجابى للتطعيم بزيادة فى فلورة الكلوروفيل وفى تركيز صبغات البناء الضوئى بالأوراق، مع تحسُّن فى امتصاص وتوفر عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والنحاس بالأوراق. كما كان محتوى الأوراق من الكادميم أقل عند التطعيم على ماكسى فورت.

أما صفات جودة الثمار — وخاصة اللون الخارجى — فكانت الأفضل فى النباتات التى طُعِّمت على صنف الباذنجان Black Beauty، إلاّ أن محصولها ونموها كان ضعيفًا بسبب انخفاض امتصاصه للعناصر؛ مما يدل على عدم اكتمال التوافق فى هذا التطعيم (Kumar وآخرون ٢٠١٥).

الفصل الثانى

تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل جوية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل بعض مشاكل الإنتاج — أو تحدياته — التى تواجه مُنتج الطماطم، والتى يكون مردها إلى عوامل جوية غير مناسبة، تنحرف قليلاً — أو كثيرًا — عن الظروف المثلى للإنتاج، وكيف يمكن التعامل مع تلك التحديات لأجل التغلب عليها، وكذلك كيفية تطويع تلك العوامل الجوية — عندما يكون ذلك ممكنًا — لأجل زيادة المحصول المبكر والكلى.

تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول المبكرة

يتحدد التبكير فى النضج — وبالتالى المحصول المبكر — بعدد الأيام (التى تمر بين الشتل وظهور النورة الزهرية الأولى، ويُعبر عن ذلك بعدد الأوراق التى تسبق ظهور تلك النورة؛ الأمر الذى يتحدد بمدى التبكير فى تهيئة النورة الأولى للتكوين.

التبكير فى الإزهار صفة وراثية تتأثر بالعوامل البيئية

يُستدل من دراسات التطعيم — التى أجراها Phattak & Wittwer (١٩٦٥) — بين أصناف مبكرة الإزهار وأخرى متأخرة على وجود هرمونات نباتية تتحكم فى موعد الإزهار يتم إنتاجها فى الأوراق وتنتقل فى النبات لتؤثر فى القمة النامية محولة إياها من قمة خضرية إلى نورة زهرية.

وتجدر الإشارة إلى أنه فى غياب العوامل البيئية التى تؤثر فى موعد الإزهار، فإن صفة الإزهار المبكر (تكوين عدد قلل من الأوراق قبل ظهور العنقود الزهرى الأول) هى صفة بسيطة وسائدة (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

ويمكن تفسير الاختلافات فى وقت تهيئة النورة الزهرية الأولى للتكوين على أساس كمية الغذاء المجهز المتوفر للقمة النامية للنبات خلال المرحلة الحساسة (والتى تكون بعد اكتمال تمدد الورقتين الفلقيتين بنحو ١٠ أيام)، والتى يجب أن تصل إلى حدٍّ أدنى قبل حدوث التهيئة للإزهار. ولذا.. فإن العوامل التى تزيد من الكمية الكلية للغذاء المجهز فى النبات (مثل زيادة شدة الإضاءة وانخفاض درجة الحرارة)، وكذلك العوامل التى تزيد من القدرة التنافسية للقمة النامية (مثل انخفاض درجة الحرارة، وبعض منظمات النمو) تقلل من عدد الأوراق التى تسبق ظهور النورة الزهرية الأولى (Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

العوامل المؤثرة فى سرعة ظهور العنقود الزهرى الأول فى الطماطم

إن أهم العوامل التى تحفز سرعة ظهور العنقود الأول فى الطماطم هى:

١- شدة الإضاءة العالية.

٢- الفترة الضوئية القصيرة.

٣- كثافة الزراعة المنخفضة.

٤- الحرارة المنخفضة.

٥- معاملات الحد من النمو الجذرى.

٦- التغذية بثانى أكسيد الكربون.

٧- معاملة البراعم الزهرية بالسيتوكينينات والجبريللينات.

٨- المعاملة بمثبطات النمو.

٩- المعاملة بمثبطات انتقال الأوكسين.

أما العوامل التى تثبط ظهور العنقود الزهرى الأول وتسبب فشل البراعم الزهرية فى تكوين الأزهار، فهى:

١- شدة الإضاءة المنخفضة، وبخاصة عند مرحلة بزوغ البراعم.

٢- الفترة الضوئية الطويلة دون زيادة فى الإشعاع الكلى اليومى.

٣- كثافة الزراعة العالية.

٤- الحرارة العالية، وبخاصة إذا صاحبتها إضاءة منخفضة.

٥- نقص الفوسفور.

٦- معاملة الأوراق بالجبريللينات (عن Morris & Newell ١٩٨٧).

تأثير الحرارة المنخفضة على الإزهار والمحصول المبكر

يتأثر إزهار الطماطم بدرجة الحرارة التى تتعرض لها البادرات بعد إنباتها. وقد وُصفت فترة الأسبوعين إلى الثلاثة أسابيع التى تعقب اكتمال نمو الأوراق الفلقية مباشرة بأنها فترة تكون خلالها البادرة حساسة لدرجة الحرارة، حيث يتحدد موعد الإزهار على ضوء درجة الحرارة التى تتعرض لها النباتات خلال تلك الفترة.

وقد وجد أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة تتراوح بين ١٠ °م و١٣ °م — ليلاً أو نهارًا — خلال تلك الفترة يُبكر الإزهار، مقارنة بتعريض النباتات لحرارة ١٨-٢١ °م. ويظهر أثر المعاملة فى ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، وزيادة عدد الأزهار المتكونة فى هذا العنقود، وزيادة تفرُّعه. وتتميز النباتات التى تنتج من هذه المعاملة — كذلك — بأن سلامياتها تكون أقصر، وسيقانها أسمك، وفروعها أقوى من النباتات التى لا تتلقى هذه المعاملة. ويترتب على ذلك كله حدوث زيادة معنوية فى كل من المحصول المبكر، والمحصول الكلى، والمحصول الصالح للتسويق. وتتشابه جميع أصناف الطماطم فى هذا الأمر سواء أكانت مبكرة، أم متأخرة الإزهار بطبيعتها (عن Wittwer & Teubner ١٩٥٧).

ويذكر Hurd & Cooper (١٩٦٧) أنه أمكنهما زيادة عدد الأزهار فى العنقود الزهرى. الأول بتعريض البادرات للحرارة المنخفضة بعد إنباتها مباشرة، ولمدة ١٤ يومًا. وقد تراوحت الزيادة فى عدد الأزهار ما بين ٣٠٪ و ٤٠٪ شتاء إلى ١٠٠٪ صيفًا. كذلك أدت معاملة البرودة إلى تأخير موعد تفتح أول زهرة لمدة وصلت حتى ١٠ أيام، وتناسبت مع فترة التعرض للبرودة. وقد تساوت معاملتا التعريض للبرودة ١٠ °م ليلاً ونهارًا، و١٦ °م نهارًا مع ٤ °م ليلاً فى تأثيرهما على الإزهار، وفى تأخيرهما للنمو النباتى وفى موعد تفتح أول زهرة.

وفى دراسة لاحقة ذكر Hurd & Cooper (١٩٧٠) أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة مقدارها ١٠ °م لفترة قصيرة أدى إلى زيادة عدد أزهار العنقود الأول، وزيادة المحصول بنسبة ٢٥٪، ولكن مع تأخير قليل فى موعد الحصاد.

وعلى الرغم من أهمية ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد قليل من الأوراق لكى يكون الإزهار – ومن ثم الإثمار – مبكرًا، إلا أن عدد الأوراق التى تسبق ظهور ذلك العنقود يجب ألا يكون قليلاً جدًا، لكى لا تكون المساحة الورقية أقل من أن تسمح بتمثيل الغذاء بالقدر الذى يكفى لتكوين أزهار وثمار ذات نوعية جيدة فى العنقود الأول.

ولقد وجد أن الفترة الحرجة التى تكون فيها معاملة البرودة مؤثرة تقع بين ١٥ و٢٢ يومًا بعد زراعة البذور، وهو ما يعنى توافق الفترة الحرجة مع فترة تكوين مبادئ العنقود الزهرى الأول. ويكون قد تكوَّن عادة ٢–٣ مبادئ أوراق فى القمة النامية للنبات بعد حوالى ٧ إلى ١٠ أيام من زراعة البذرة، تؤدى معاملة البرودة خلال تلك الفترة إلى تكوين مبادئ العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، ولكن الحد الأدنى لعدد الأوراق الذى يسبق ظهور أول نورة هو ٦ ورقات، ولا يكون لمعاملة البرودة أية تأثيرات فى هذا الشأن إن كان الصنف يكوِّن – بطبيعته – النورة الزهرية الأولى بعد ست ورقات. وقد يؤدى ضعف الإضاءة إلى زيادة عدد الأوراق التى تتكون قبل العنقود الزهرى

الأول عن ٦ ورقات، ولكن معاملة البرودة تخفض هذا العدد – مرة أخرى – إلى ٦ ورقات (Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

كذلك يؤدى خفض الحرارة ليلاً أثناء نمو الشتلات إلى ١٧–١٨ ْم إلى إبطاء نمو البادرات، ويكون ذلك مصحوبًا بتبكير فى الحصاد بنحو أسبوع، مع زيادة فى المحصول تُقدر بنحو ١٢٪ (Choi وآخرون ١٩٩٦).

وقد حظى هذا الأمر بدراسات عديدة، وأمكن الاستفادة منه فى الإنتاج التجارى للطماطم، فمثلاً.. أدى تعريض النموات الخضرية لشتلات الطماطم لحرارة تراوحت بين ١٠ و ١٣ ْم لمدة ٣–٤ أسابيع – ابتداء من مرحلة اكتمال نمو الأوراق الفلقية – إلى إحداث نقص جوهرى فى عدد الأوراق المتكونة قبل العنقود الزهرى الأول. كما أدى تعريض جذور شتلات الطماطم لنفس المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى عدد الأزهار المتكونة فى العنقود الأول (Phatak وآخرون ١٩٦٦).

وفى دراسات أخرى تراوحت فترة التعريض للبرودة من ١٠ أيام بدءًا من ظهور الورقة الحقيقية الأولى إلى ١٤ يومًا بعد الإنبات مباشرة، وتراوحت حرارة معاملة البرودة بين ١٠ ْم ليلاً ونهارًا إلى ١٣ ْم نهارًا مع ١١ ْم ليلاً، و١٦ ْم نهارًا مع ٤ ْم ليلاً. وفى كل الحالات أدت المعاملة إلى زيادة عدد أزهار العنقود الأول إلى الضعف (وقد تحدث زيادة فى عدد أزهار العنقود الثانى)، ولكن مع تأخير قليل فى كلٍ من النمو النباتى، وموعد تفتح أول زهرة، وموعد الحصاد.

ولقد أدى إنتاج شتلات الطماطم فى حرارة ليل منخفضة – ثم شتلها فى جو بارد نسبيًّا – إلى خفض عدد الأوراق التى تكونت تحت العنقود الزهرى الأول من ١٠,١ ورقة عندما كانت حرارة الليل بالمشتل ٢٢,٥ ْم إلى ٧,١ ورقة عندما كانت حرارة الليل بالمشتل ١٢,٥ ْم. هذا.. إلاّ أن عدد الأيام من إنبات البذور إلى تفتح أول زهرة كان أقصر ما يمكن عندما كانت حرارة المشتل ١٧,٥ ْم. ولم يكن لحرارة الليل تأثيرًا على عدد الأزهار بالعنقود

الزهرى الأول. كما لم يكن للنمو فى جو بارد نسبيًّا تأثيرًا على عدد الأوراق الكلى بالنبات، إلا أن النباتات كانت مندمجة وسلامياتها قصيرة (Oda وآخرون ٢٠٠٥).

ويستفاد من هذه الظاهرة فى حالة الإنتاج التجارى للطماطم فى الزراعات المحمية. فتعرَّض الشتلات من بداية مرحلة ظهور الورقة الحقيقية الأولى لحرارة ١٣ °م نهارًا، و١١ °م ليلاً، وتستمر المعاملة خلال مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية إلى ما قبل ظهور الورقة الحقيقية الثالثة. ويستغرق ذلك نحو ١٠ أيام فى الجو الصحو، ونحو ٢١ يومًا فى الجو الملبد بالغيوم. وتجرى المعاملة على البادرات سواء أكانت فى أحواض زراعة البذور أم بعد تفريدها. وترفع درجة الحرارة بعد انتهاء المعاملة إلى ١٤–١٧ °م ليلاً، و١٦–١٧ °م نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم، أو إلى ١٨–٢٤ °م نهارًا فى الجو الصحو.

وتُحدث المعاملة التأثير التالية:

١– يزداد نمو الأوراق الفلقية.

٢– يزداد سمك سيقان البادرات.

٣– يتكون العنقود الزهرى الأول بعد أن ينمو عدد أقل من الأوراق.

٤– يزيد عدد الأزهار إلى الضعف فى العنقود الزهرى الأول، كما تحدث بعض الزيادة فى عدد أزهار العنقود الثانى.

٥– يزيد المحصول المبكر والكلى (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

تأثير شدة الإضاءة – وتفاعلها مع الحرارة – على الإزهار والمحصول المبكر

يزداد معدل تكوين الأوراق الجديدة فى الطماطم بزيادة شدة الإضاءة، بينما يقل — فى المقابل — عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول بزيادة شدة الإضاءة، ويكون التأثير الأخير للإضاءة القوية أكبر من تأثيرها على معدل تكوين الأوراق الجديدة؛ ويترتب على ذلك نقص فى عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

وبينما تؤدى الإضاءة القوية إلى ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، فإن الحرارة العالية يكون لها تأثير عكسى، كذلك يزداد عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأولى فى الإضاءة الضعيفة، وهو أمر يزداد وضوحًا فى الحرارة العالية. ويزداد عدد هذه الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول فى الحرارة العالية، وهو – كذلك – أمر يزداد وضوحًا فى الإضاءة الضعيفة.

ويعنى ذلك أن الحرارة وشدة الإضاءة يتفاعلان معًا فى التأثير على عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى، الذى يكون محصِّلة لتأثير الحرارة والضوء على كل من معدل تكوين الأوراق الجديدة، وموعد التهيئة للإزهار.

وبدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧,٤، و٢٤,٢ °م) وشدة الإضاءة (بين ١,٩، و٨,١ ميجا جول/م٢/يوم) على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور أول عنقود زهرى، وجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة، إلا أن تأثير الإضاءة فى هذا الشأن قل بانخفاض درجة الحرارة. وقد قل عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى – خطيًّا – بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة، ولكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير فى هذا الشأن فى شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦).

تأثير الفترة الضوئية على التبكير فى الإزهار

تعتبر الطماطم من النباتات المحايدة بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية على الإزهار (day neutral)، أى أنها لا تتطلب فترة ضوئية معينة حتى تزهر. إلا أن Wittwer (١٩٦٣) توصل من دراساته على عدد من الأصناف – التى تختلف بطبيعتها فى موعد الإزهار – إلى أن نبات الطماطم يعتبر قصير النهار اختياريًّا facultative day neutral؛ فقد وجد أن جميع الأصناف – سواء أكانت مبكرة، أم متوسطة، أم متأخرة فى الإزهار – قد تشابهت فى استجابتها للفترة الضوئية القصيرة (٩ ساعات) بالتبكير فى الإزهار، وتكوين العناقيد الزهرية بعد عدد أقل من الأوراق عما لو عرضت لفترة ضوئية أطول.

وقد تأكدت هذه النتائج بدراسات Aung (١٩٧٩) التى أثبت فيها أن عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول نورة زهرية فى الطماطم يقل معنويًّا — أى يزداد التبكير فى الإزهار — بتعرض النباتات لفترة إضاءة مقدارها ٩ ساعات مع حرارة ٢٢ ْم نهارًا، و١٨ ْم ليلاً. وقد ازداد عدد الأزهار المتكونة فى الفترة الضوئية القصيرة.

تأثير الحرارة العالية بعد العقد على سرعة النضج

أدى رفع درجة الحرارة — بعد ١٠ أيام من عقد الثمار على ٢٣ ْم نهارًا/ ١٨ ْم ليلاً – إلى ٢٨ ْم نهارًا / ٢٣ ْم ليلاً أو إلى ٣٠ ْم نهارًا/ ٢٥ ْم ليلاً لمدة أسبوعين.. أدى ذلك إلى إسراع نضج الثمار بنحو ٣,١ إلى ٨,٥ أيام، ولكن مع بعض النقص فى متوسط وزن الثمرة (Fleisher وآخرون ٢٠٠٦).

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول

تؤثر المعاملة بمنظمات النمو على عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول كما يلى:

١– تؤدى معاملة النموات الخضرية بالأوكسينات إلى زيادة عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٢– يتباين تأثير الجبريللينات فى هذا الشأن، وإن كانت غالبية الدراسات تجمع على أنها غير مؤثرة على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٣– تؤدى معاملة الجذور أو النموات الخضرية بمثبطات النمو إلى تقليل عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول.

٤– لم يكن الكاينتين مؤثرًا إلا عندما أضيف إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية للطماطم، حيث أدى إلى زيادة عدد الأوراق التى تكونت قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٥- أدت المعاملة بالإثيفون عن طريق التربة إلى زيادة عدد الأوراق التى تكونت قبل ظهور العنقود الزهرى الأول (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول الكلى

تأثير درجة الحرارة

من المعلوم أن لدرجة الحرارة تأثير أكيد على عقد الثمار؛ ومن ثم على محصول الثمار؛ الأمر الذى نتناوله بالتفصيل فى موضع لاحق من هذا الفصل. ونكتفى فى هذا المقام باستعراض تأثير الحرارة على إزهار ونمو وإثمار الطماطم.

دُرس تأثير حرارة نهار ٢٦ْم مع حرارة ليل ١٨، أو ٢٢، أو ٢٤، أو ٢٦ْم على إزهار ونمو وإثمار الطماطم، ووجد ما يلى (Peet & Bartholemew ١٩٩٦).

الصفة المقيسة	التأثر بحرارة الليل
عدد حبوب اللقاح الكلى والطبيعى	أعلى فى حرارة ١٨، ٢٢ْم عما فى حرارة ٢٤، ٢٦ْم
إنبات حبوب اللقاح	أعلى فى حرارة ٢٦ْم
محتوى الثمار من البذور	أعلى فى حرارة ١٨ْم
عدد الأزهار والثمار بالعنقود الأول	أقل فى حرارة ٢٦ْم
طول النبات	أعلى فى ٢٢ْم
الكتلة الجافة للنمو الخضرى	أقل فى ٢٢ْم
كتلة الثمار الطازجة	ازدادت بارتفاع حرارة الليل
عدد الثمار ونسبة عقد الثمار	انخفضت قليلاً فى حرارة ٢٦ْم

هذا.. ويتأثر نمو بادرات الطماطم بكل من: درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة الوسط الذى تنمو فيه الجذور، ولكل منهما - أى لكل من حرارة الهواء وحرارة الجذور - تأثيراتها الخاصة على النمو النباتى. وقد وجد Maletta & Janes (١٩٨٧) أن معدل النمو النسبى Relative Growth Rate لبادرات الطماطم ينخفض بانخفاض حرارة الهواء إلى ١١ْم. وكانت أنسب حرارة جذور لزيادة الوزن الجاف للنبات هى ٢٦,٥ْم،

مع حرارة هواء ١٦ أو ٢١ ْم، ولكن عندما انخفضت حرارة الهواء إلى ١١ ْم كانت حرارة الجذور المناسبة ٣٢ ْم. وعلى الرغم من ذلك كان معدل النمو النسبى فى هذه الظروف (حرارة هواء ١١ ْم وحرارة جذور ٣٢ ْم) أقل ما يمكن؛ أى إن رفع حرارة الجذور (كما قد يحدث فى المزارع المائية) لا يفيد كثيرًا فى تقليل الأثر الضار للانخفاض الكبير فى حرارة الهواء.

ويمكن فى المزارع المائية — مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى — التحكم فى النمو النباتى والإزهار والإثمار بالتحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى. فقد أوضحت دراسات Fujishige وآخرون (١٩٩١) (التى عرضًا فيها جذور الطماطم لحرارة تراوحت بين ١٠ و ٣٥ ْم لفترة ١٤ أو ٢١ يومًا خلال مراحل مختلفة من النمو) أنه تكوَّن أكبر عدد من الأزهار بالعنقود الزهرى الأول عندما كانت حرارة المحلول المغذى ٢٥ ْم لمدة ٢–٣ أسابيع بعد اكتمال تكوين الأوراق الفلقية، سواء أكانت حرارة الهواء ثابتة عند ٢٠ ْم، أم متغيرة بين ٢٠ ْم ليلاً و ٣٠ ْم نهارًا. ولقد بيَّنت هذه الدراسة — كذلك — أن درجة حرارة المحلول المغذى المناسبة للطماطم اختلفت باختلاف مرحلة النمو، حيث تراوحت بين ٢٥ و ٣٠ ْم أثناء تميز الأزهار، وبين ٢٠ و ٣٠ ْم أثناء النمو الخضرى، وبين ١٥ و٣٠ ْم أثناء نمو الثمار.

وقد دُرس تأثير حرارة النهار العالية (٣٥ ْم) لمدة ٤٠ يومًا — مع حرارة ليل ١٥ ْم — على إنتاج المواد الغذائية المجهزة وأيض البناء الضوئى فى أوراق الطماطم، مقارنة بما يحدث عند نمو الطماطم فى حرارة ٢٥ ْم نهارًا وليلاً. أدت المعاملة الحرارية العالية — مقارنة بالكنترول — إلى ضعف نشاط البناء الضوئى، حيث انخفض المعدل الصافى للبناء الضوئى net rate of photosynthesis (اختصارًا: P_n)، ولكن مع حدوث زيادة فى كل من: توصيل الثغور stomatal conductance (اختصارًا: G_s)، وتركيز ثانى أكسيد الكربون بين الخلايا، ومعدل النتح. وبالتوازى مع الانخفاض فى الـ Pn، حدثت زيادة مستمرة فى نشاط كل من: السكروز سِنثيز sucrose synthase ، والـ

sucrose phosphate synthase، إلاّ أن نشاط الإنفرتيز انخفض فى النباتات التى تعرضت للشدِّ الحرارى. وقد انخفض محتوى الفراكتوز والجلوكوز والسكروز، لكن محتوى النشا ازداد فى النباتات التى تعرضت للشد الحرارى مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Zhang وآخرون ٢٠١٢).

هذا.. ويصل معدل البناء الضوئى فى أوراق الطماطم إلى أقصى حد له قبل وصول شدة الإضاءة إلى أقصى معدلاتها خلال النهار، ويكون ذلك مصاحبًا بتراكمات كبيرة للمواد الكربوهيدراتية فى الأوراق، وخاصة من السكريات السداسية والنشا (عن Dorais وآخرين ٢٠٠١).

ووُجد أن نباتات الطماطم الصغيرة يمكن أن تتراكم فيها المواد الكربوهيدراتية فى صورة سكريات ذائبة ونشا لمدة أسبوع واحد — على الأقل — عندما يكون النمو محدودًا فى الحرارة المنخفضة (١٦/١٤ْم؛ ليلاً/نهارًا). ومع ارتفاع الحرارة بعد ذلك (٢٦/٢٤ْم) فإن النباتات تستفيد من تلك المواد الكربوهيدراتية المخزنة عند استعادتها لنموها (Klopotek & Kläring ٢٠١٤).

تأثير شدة الإضاءة

يمكن التنبؤ بمحصول الطماطم من شدة الإشعاع الشمسى الذى تتعرض له النباتات — فى الجو الدافئ — قبل تفتح الأزهار (Higashide ٢٠٠٩).

هذا إلاّ أن شدة الإضاءة التى تتعرض لها نباتات الطماطم تزداد كثيرًا عما يلزم للنمو الجيد فى العروة الصيفية المتأخرة. وقد وجد El-Gizawy وآخرون (١٩٩٣ أ، ١٩٩٣ب) أن خفض شدة الإضاءة بمقدار ٣٥٪ – باستعمال شباك تظليل فى الحقل المكشوف — أدى إلى زيادة محصول الطماطم، وحجم الثمار المنتجة، مع زيادة الحموضة المعايرة، ولكن مع انخفاض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك. وقد أدت هذه النسبة من التظليل — كذلك — إلى تقليل نسبة الثمار المصابة

بلفحة الشمس، إلا أن زيادة نسبة التظليل إلى ٦٣٪ أدت إلى زيادة نسبة الثمار المصابة بالنضج غير المنتظم. وقد أدت زيادة التظليل — بصورة عامة — إلى زيادة طول النبات، ومساحة الورقة ومحتواها من الكلوروفيل، ولكن مع تقليل عدد الأوراق والوزن الجاف للنبات، ومحتوى الأوراق من المواد الكربوهيدراتية، وتأخير الإزهار.

أضرار التعرض للرياح الحارة الجافة ووسائل التغلب عليها

أوضح Smith (١٩٣٢) أن أزهار الطماطم تتساقط بكثرة بدون عقد، وذلك إذا تعرضت النباتات لرياح حارة جافة مع انخفاض الرطوبة النسبية، ونقص الرطوبة الأرضية، ويؤدى استمرار نقص الرطوبة الأرضية إلى تلون بتلات الأزهار بلون أصفر شاحب، وسقوط الأزهار بدون عقد.

وتؤدى الرياح الحارة الجافة إلى بروز ميسم الزهرة من المخروط السدائى، وسقوط الأزهار بدون عقد.

ويمكن تقليل الأثر الضار للرياح الحارة الجافة باتباع ما يلى:

١– إحاطة المزرعة بمصدات الرياح، أو بالأسوجة.

٢– رى الحقل عندما يسود الجو طقس حار جاف، ويفضل الرى بالرش.

٣– زراعة الأصناف التى ينخفض فيها مستوى الميسم كثيرًا عن مستوى قمة المخروط السدائى، كما فى معظم الأصناف الحديثة.

أضرار شدِّ التجمد وشدِّ البرودة ووسائل التغلب عليها

دور بكتيريا تكوين نويات البللورات الثلجية فى أضرار شدِّ التجمد

لم يجد Anderson (١٩٨٨) اختلافات معنوية بين ستة أصناف من الطماطم فى درجة الحرارة التى تتجمد عندها بادرات وشتلات الطماطم التى يتراوح وزنها بين ٠,٣ جرام و٣٤ جرامًا. وقد تأثرت حرارة التجمد — أساسًا — بوجود أو غياب بكتيريا

نويات البلورات الثلجية، حيث تراوحت حرارة تجمد البادرات بين –٤,٧ و–٥,٧ °م في وجود البكتيريا وبين –٦,١ م و –٦,٩ °م في غيابها.

وتعد البكتيريا *Peseudomonas syringae*، و *Erwinia herbicola* من أهم الأنواع البكتيرية المكونة لنويات البللورات الثلجية، وهما المسئولتان عن كثير من أضرار التجمد في كثير من النباتات الحساسة للصقيع، ومنها الطماطم. وتصيب البكتيريا *P. syringae* مدى واسعًا من العوائل النباتية، كما وجدت في بقايا النباتات — التي كانت تخلو من أي أعراض مرضية — بأعداد كافية لبدء تكوين النويات الثلجية.

وقد وجد أن رش هذه البكتيريا على أوراق الطماطم أدى إلى تجمدها عند حرارة –٤ °م، مقارنة بالتجمد على حرارة –٨ °م في نباتات الشاهد التي كانت خالية من هذه البكتيريا. وكان وجود البكتيريا بتركيز ٤ × ١٠ °م خلية بكتيرية/مل (سم٣) من المعلق البكتيري ضروريًّا لتكوين النويات الثلجية. وقد أدى حفظ هذه البكتيريا على حرارة ٢ °م قبل رشها على أوراق النباتات إلى جعلها أكثر قدرة على تكوين النويات الثلجية (بتكوينها للنويات على حرارة أعلى) عما لو كان حفظها — قبل استعمالها — على حرارة ٢١ °م (Anderson وآخرون ١٩٨٢).

أضرار شدِّ البرودة على إنبات البذور

تتفاوت أصناف وسلالات الطماطم في قدرتها على الإنبات في حرارة ١٢ °م أو أقل من ذلك. وقد وجد أن عدم قدرة بذور الطماطم على الإنبات عند هذه الدرجة مرده إلى وجود عوائق في طبقة الإندوسبرم. وتبين لدى مقارنة بذور سلالة الطماطم PI 341988 القادرة على الإنبات في حرارة ١٢ °م، وبذور الصنف UC82 غير القادرة على الإنبات عند هذه الدرجة أن بذور السلالة الأولى التي شُرِّبت بالماء على حرارة ١٢ °م أو ٢٥ °م أظهرت نشاطًا أعلى لإنزيم endomannase عن البذور التي عوملت بطريقة مماثلة من الصنف UC82. وعندما قورنت ست سلالات ناتجة من التهجين بين السلالة والصنف

السابقين، وتختلف فى قدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة، وجد ارتباط موجب بين القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة ونشاط إنزيم endomannase. وقد تبين — كذلك — أن الزيادة فى نشاط الإنزيم قبل الإنبات كانت أعلى فى الإندوسبرم المحيط بالنقير micropylar endosperm عما فى بقية أنسجة البذرة. وعندما عوملت بذور الطماطم بإنزيم الـ mannase — الذى حُصِلَ عليه من بعض الأنواع البكتيرية التى تعيش فى التربة — ازدادت قدرتها على الإنبات فى كل من الحرارة المعتدلة والمنخفضة. وعلى الرغم من أن نشاط إنزيم cellulase كان أعلى — كذلك فى — السلالة PI 341988 عما فى بذور الصنف UC 82، إلا أن تلك الزيادة حدثت — غالبًا — بعد الإنبات، ولم تكن لها علاقة رئيسية بالقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (Leviatov وآخرون ١٩٩٥).

معاملات حماية النمو الخضرى من شدِّ التجمد والحرارة المنخفضة

المعاملة بمضادات النتح

على الرغم من أن الدعاية لمضادات النتح antitranspirants تؤكد أنها توفر حماية للنباتات من الصقيع على اعتبار أنها تُشكل عازلاً بين النويات الثلجية التى تتكون خارجيًّا على النباتات (بفعل بكتيريا تكوين النويات الثلجية، مثل: *Pseudomonas syringae*، و *Erwinia herbicola*، التى تتواجد على سطح الأوراق) وبين المحتوى المائى للنبات.. على الرغم من تلك الدعاية، إلاّ أن ذلك لم يؤكد علميًّا.

المعاملة بالمفليوديد

أمكن حماية بادرات الطماطم من حرارة منخفضة بلغت ٥°م برشها بمركبات، مثل المفليوديد melfuidide بتركيز ٥ أو ١٠ أجزاء فى المليون، والمركب الكودى GLK-8903 بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪ (Singer وآخرون ١٩٩٣أ، و ١٩٩٣ب).

الأقلمة

تُعد الأقلمة أو التقسية هى أفضل وسيلة لزيادة قدرة نباتات الطماطم على تحمل الحرارة المنخفضة، وهى تُجرى بتعريض بادرات الطماطم لحرارة منخفضة، مع خفض تدريجى فى الرطوبة الأرضية.

وقد وجد Shen & Li (١٩٨٣) أن تعريض شتلات الطماطم لحرارة ٢٠ ْم نهارًا، و١٥ ْم ليلاً جعلها قادرة على تحمل معاملات أقلمة تدرجت فى انخفاض الحرارة من ٥ ْم إلى ٢ ْم، ثم إلى الصفر المئوى. وعند الشتل.. تحملت هذه النباتات حرارة بلغت –٣ ْم، بينما تجمدت نظيراتها — التى لم تسبق أقلمتها — على حرارة –١,٥ ْم.

المعاملات الزراعية لتجنب ضعف امتصاص الفوسفور فى الجو البارد

نظرًا لانخفاض درجات الحرارة فى الزراعات المبكرة فى الربيع، حيث تظهر أعراض نقص الفوسفور على البادرات الصغيرة فى صورة لون أزرق ضارب إلى الأحمر، أو القرمزى على الأوراق الحديثة، والأوراق الفلقية، والسيقان؛ فقد اهتم الباحثون بكيفية توفير الفوسفور لنباتات الطماطم فى هذه المرحلة من النمو تحت هذه الظروف؛ لذا.. أضيف السماد الفوسفاتى تحت البذور مباشرة. وبذلك يمكن للجذر الأولى أن يبدأ فى امتصاص الفوسفور مع بداية ظهور الورقتين الفلقيتين، لأنه سيكون قد نما بمقدار ٢,٥ سم حتى تلك المرحلة. أما إذا كان السماد بعيدًا عن الجذور، فلن يستطيع النبات امتصاصه حتى تصل إليه بعض التفرعات الجذرية (Locasico & Warren ١٩٥٩).

أما عند الزراعة بطريقة الشتل، فقد وجد Jones & Warren (١٩٥٤) ما يلى:

١– إن إضافة السماد الفوسفاتى عميقًا فى التربة تحت مستوى الشتلات كان أكثر فاعلية من إضافته سطحيًّا فى خنادق بالقرب من الشتلات، أو نثرًا مع التغطية بالتربة.

٢– أدى استعمال محاليل بادئة تحليلها ٦–٥٧–١٧ (لاحظ ارتفاع مستوى الفوسفور فيها) إلى إحداث زيادة جوهرية فى المحصول.

٣- أدى العمل على زيادة كمية الفوسفور التى امتصتها النباتات – مبكرًا فى بداية موسم النمو – إلى زيادة المحصول بمعدلات أكبر من معدلات الزيادة فى كمية الفوسفور الكلية الممتصة، كما لم يكن للفوسفور الممتص فى أواخر موسم النمو أثر يذكر على المحصول.

المعاملة ببكتيريا منتجة للـ ACC

وُجد أن تلقيح الطماطم بالسلالة TPs-04 من بكتيريا داخلية التطفل endophytic من المنتجة للـ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (اختصارًا: ACC) فى ظروف شد برودة ليلاً (حرارة ٦، أو ٩، أو ١٥ °م) أحدثت زيادة جوهرية فى النموين الخضرى والجذرى وفى محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وحفَّزت امتصاص النباتات لعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. وبينما أحدثت الحرارة المنخفضة تراكمًا سريعًا فى كل من فوق أكسيد الأيدروجين والـ melondialdehyde، فإن المعاملة بالبكتريا رفعت من نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، ومن ثم خفَّضت تراكم هذين المركبين (Chen وآخرون ٢٠١٤).

التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالاسبرميدين

أدى تعريض بادرات الطماطم لشدٍ حرارى (٣٨/٢٨ °م – نهار/ليل) إلى خفض محتواها من حامضى البيووفيك والصكِّنك، وإلى تثبيط نموها. هذا بينما أدت المعاملة بالاسبرمدين فى تلك الظروف إلى تحسين وضع المحتوى الكربوهيدراتى والنيتروجين من خلال تنظيمها للتعبير الجينى ونشاط الإنزيمات الرئيسية لأيض النيتروجين؛ وبذا.. فإنها جعلت البادرات أكثر تحملاً للشدِّ الحرارى (Shan وآخرون ٢٠١٦).

التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالسيلينيم

أدت معاملة الطماطم بأى من السيلينيم أو النانوسيلنيم بتركيز ٢,٥ ميكرومول فى المحاليل المغذية إلى تغلب النباتات على أى من معاملتى شدِّ حرارى (٤٠ °م) أو شدِّ

برودة (١٠ ْم) لمدة ٢٤ ساعة، حيث لم يتأثر سلبيًا أى من دلائل النمو التى تم قياسها بمعاملة الشد (Haghigh وآخرون ٢٠١٤).

العقد الطبيعى للثمار

بالرغم من تكوّن البراعم الزهرية فى الطماطم تحت ظروف بيئية متباينة، إلاّ أن عقد الثمار Fruit Set لا يحدث إلا فى ظروف خاصة، وإن لم تتوفر هذه الظروف، فإن الأزهار تسقط بعد تفتحها بقليل، أو قد تظل عالقة لعدة أيام دون عقد، ثم تسقط بفعل هز الرياح لها أو بمجرد ملامستها. وإذا وجدت عدة أزهار متفتحة فى آن واحد فى العنقود الزهرى الواحد، فإن ذلك يعد دليلاً قويًّا على أنها غير عاقدة. هذا.. بينما نجد فى الحالات التى يتم فيها العقد بصورة طبيعية أن العنقود الزهرى لا توجد به عادة سوى زهرتين متفتحتين فقط فى آن واحد تليهما فى العنقود براعم زهرية لم تتفتح بعد، وقد تسبقهما ثمار عاقدة تتدرج بالزيادة فى الحجم كلما اتجهنا نحو قاعدة العنقود.

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى ضعف عقد الثمار فى الطماطم النمو الخضرى الغزير الزائد — والذى يكون مرده غالبًا إلى الإفراط فى التسميد العضوى أو الآزوتى مع غزارة الرى — وكذلك انخفاض حرارة الليل عن ١٣ ْم، أو ارتفاعها عن ٢٤ ْم.

وعندما تواجه نباتات الطماطم ظروفًا تُحتِّم عليها تعديل نموها الجذرى والخضرى — كأن تتعرض للجفاف وارتفاع درجة الحرارة بعد فترة من النمو الجيد فى ظروف رطوبة أرضية وحرارة مناسبتين — فإن نمو الثمار التى تحملها تلك النباتات يتوقف أو يضعف كثيرًا خلال فترة التأقلم على الوضع الجديد.

وتعد حيوية حبوب اللقاح أهم — بالنسبة للعقد — من كميتها المنتجة. وتتم أفضل طريقة لتقدير الحيوية بوضع حبوب اللقاح على مياسم الأزهار فى ظروف مثالية للعقد، ثم حساب عدد البذور المتكونة بكل ثمرة، إلا أنها طريقة بطيئة؛ لذا يفضل الباحثون تقدير حيوية حبوب اللقاح بحساب عدد الأنابيب اللقاحية التى تنمو فى ميسم الزهرة

بالفحص الميكروسكوبى. وهى طريقة سريعة لا تستغرق أكثر من ٤٨-٧٢ ساعة من التلقيح، ولكنها أقل دقة من الطريقة الأولى، لأن بعض حبوب اللقاح قادرة على الإنبات دون أن تكون قادرة على الإخصاب، مثل: حبوب اللقاح المخزنة لفترات طويلة، والحبوب المعاملة بالإشعاع.

وتتم أبسط الطرق لاختبار الحيوية بإنبات حبوب اللقاح فى بيئات صناعية بعد صبغها بصبغات خاصة، ولو أنها تعد أيضًا أقل الطرق دقة، نظرًا لبعد العلاقة بين إنبات حبوب اللقاح بهذه الطريقة، وبين مقدرتها على الإخصاب (عن Picken ١٩٨٤).

ولقد أمكن تحديد الوقت الذى تتم فيه المراحل المختلفة لتكوين الجاميطات marco & microsporogensis فى الطماطم، وذلك بدراسة قطاعات أخذت من البراعم الزهرية وهى بأطوال مختلفة، مع ربط طول البراعم بعدد الأيام حتى تفتح الزهرة، وقد كانت النتائج كالتالى:

١- تتكون الخلية الأمية الذكرية قبل تفتح الزهرة بعشرة أيام.

٢- يحدث الانقسام الاختزالى الذى يؤدى إلى إنتاج البويضات بعد يوم واحد من الانقسام الاختزالى الذى يؤدى إلى إنتاج حبوب اللقاح، ويكون ذلك قبل تفتح الزهرة بثمانية أيام. وتلك هى أحرج الفترات التى يتأثر فيها تكوين البويضات بدرجة الحرارة المرتفعة.

٣- تصل الخلية الأمية الأنثوية إلى مرحلة الثمانى نوايا، وتكون حبوب اللقاح الثنائية النوايا (أى التى تكون بها نواة تناسلية، وأخرى خضرية) تامة التكوين قبل تفتح الزهرة بثلاثة أيام.

٤- يبدأ تحلل واختفاء النوايا المساعدة synergids، وتختفى الـ antipodal cells، وتتحد النواتان القطبيتان لتكوين نواة الكيس الجنينى central nucleus، وذلك قبل تفتح الزهرة بيوم أو يومين (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

وقد أفاد التوصل إلى هذه الحقائق فى دراسة تأثير درجات الحرارة المرتفعة، والمنخفضة على المراحل المختلفة فى تكوين الجميطات، وفى تحديد أكثرها تأثرًا بالتغيرات الكبيرة فى درجة الحرارة.

وللاطلاع على التفاصيل المتعلقة بدور الأوكسين والجبريللين فى عقد ثمار الطماطم.. يراجع De Jong وآخرين (٢٠٠٩).

ولمزيد من التفاصيل حول عقد ثمار الطماطم، وتطور تكوينها، والهرمونات الداخلية والعوامل البيئية المؤثرة فيها.. يُراجع Varga & Bruinsma (١٩٨٦).

العقد البكرى للثمار

جدير بالذكر أنه تتوفر أصناف من الطماطم لها القدرة على عقد الثمار بكريًّا (أى بدون تكوُّن بذور فيها) فى الظروف البيئية غير المناسبة للعقد؛ مثل الأصناف: أوريجون تى ٥، وأوريجون شيرى، وسيفيريانين. هذا .. إلاّ أن الأصناف ذات القدرة على العقد البكرى لا ترقى – عادة – إلى مستوى الأصناف العادية فى كل من القدرة الإنتاجية وصفات جودة الثمار؛ ولذا.. تفضل زراعة الأصناف ذات القدرة على العقد الطبيعى فى الظروف البيئية غير المناسبة للعقد.

وعلى الرغم من إمكان حدوث نسبة من العقد البكرى فى الأصناف التجارية العادية فى الظروف غير المناسبة للعقد، فإن الثمار المتكونة تكون صغيرة الحجم، ومشوهة، حيث تكون مضلعة وغير منتظمة الشكل، كما تظهر بها الجيوب الداخلية لخلو المساكن من البذور والمادة الجيلاتينية. ولقد لاحظ المؤلف أن الصنف بيتو ٨٦ Peto 86 ينتج فى الجو البارد ثمارًا بكرية شبيهة بثمار الفلفل الحلو الأحمر، وتكون مساكنها خالية تمامًا من البذور والمادة الجيلاتينية.

ويحدث أحيانًا أن تتكون الثمار وبها عدد قليل نسبيًّا من البذور، إلا أنها غالبًا ما تكون أصغر حجمًا من مثيلاتها التى تعقد بصورة طبيعية، ويحدث ذلك فى الظروف

التى تسودها درجات حرارة مرتفعة أثناء الإزهار. وقد وجد أن هناك ارتباطًا جوهريًّا بين وزن الثمرة، ومحتواها من البذور؛ مما يدل على أن لتكوين البذور علاقة بنمو الثمار وزيادتها فى الحجم.

ومن أهم العوامل التى تساعد على العقد البكرى للثمار فى الطماطم، ما يلى:

١- ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن الحدود المناسبة للعقد الطبيعى.

٢- قِصَرُ الفترة الضوئية.

٣- زيادة الرطوبة النسبية (عن Lin وآخرين ١٩٨٣)، بينما يؤدى انخفاض الرطوبة النسبية بشدة إلى سوء العقد، على حين تعقد بعض الثمار وتظل مبايضها صغيرة فلا تكبر فى الحجم. تعرف هذه الحالة باسم العقد الجاف dry set وترجع إلى سوء التلقيح تحت هذه الظروف (عن McKay ١٩٤٩).

٤- يمكن إحداث العقد بكريا بمعاملة الأزهار بالهرمونات المشجعة للنمو. فمثلاً.. وجد Mukherlee & Dutta (١٩٦٥) أن ثمار الطماطم تعقد بكريا إذا عوملت الأزهار بالجبريللين بتركيز ٠,٠٠١ — ٠,١٪، إلاّ أن الثمار التى عقدت كانت صغيرة الحجم. كما توصل Chuodhry & Faruque (١٩٧٣) إلى نتائج مشابهة عندما رشّا العناقيد الزهرية بمحاليل مائية من أى من منظمى النمو: باراكلورور فينوكسى حامض الخليك parachlorophenoxyacetic، أو الجبريللين GA_3 بتركيز ٢٥-٢٥٠ جزء فى المليون، وقد ازدادت نسبة الثمار البكرية العاقدة مع زيادة التركيز.

العوامل المؤثرة فى عقد الثمار

التوازن بين النمو الخضرى ومحتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية

إن عقد ثمار الطماطم يرتبط بالنمو الخضرى المعتدل، مع توفر توازن بين محتوى النباتات من النيتروجين، ومحتواه من المواد الكربوهيدراتية. فعندما تكون الظروف مناسبة للنمو الخضرى السريع، تُستَهلك المواد الكربوهيدراتية فى بناء أنسجة جديدة،

وفى التنفس، ويظل تركيزها بذلك منخفضًا فى النبات، ولا تعقد الثمار على الرغم من تكوين الأزهار بوفرة. وقد لا تتكون البراعم الزهرية فى الحالات الشديدة التى يكون فيها محتوى النبات من النيتروجين مرتفعًا، ومحتواه من المواد الكربوهيدراتية شديد الانخفاض كما هى الحال عند زيادة الآزوت، والرطوبة الأرضية مع نقص الإضاءة.

ويستخلص من ذلك أن عقد الثمار فى الطماطم يتوقف على تراكم كميات جديدة من المواد الكربوهيدراتية تزيد عن حاجة النمو الخضرى. كما أن تركيز المواد الكربوهيدراتية فى النبات يتوقف على مدى التوازن بين تصنيعها واستخدامها فى التنفس، وفى بناء أنسجة جديدة.

شدة الإضاءة

يُصاحب الإضاءة الضعيفة — غالبًا — ظهور انشقاق فى المخروط السدائى، مع تضخم وتضاعف fasciation قلم الزهرة، وتلك عوامل تؤدى إلى ضعف عقد الثمار.

درجة الحرارة

إن المجال الحرارى المناسب لعقد الثمار فى الطماطم يتراوح بين ١٨ و٢٢°م.

ولدرجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة تأثير سيئ على عقد الثمار فى الطماطم. ولقد وُجد أن درجة حرارة الليل هى العامل المحدد لعقد الأزهار فى المناطق والمواسم الباردة، وكانت أنسب درجات حرارة ليلاً لعقد الثمار هى ١٨°م، وتراوح المجال المناسب من ١٥–٢٠°م، بينما كان العقد منخفضًا بدرجة كبيرة عندما كانت حرارة الليل ١٣°م أو أقل.

كذلك فإن للحرارة المرتفعة ليلاً أو نهارًا تأثير ضار على العقد؛ فقد ثبت انخفاض عقد الثمار عند ارتفاع الحرارة ليلاً عن ٢١°م، أو نهارًا عن ٣٢°م، كما ثبتت شدة انخفاض عقد الثمار عند ارتفاع درجة الحرارة ليلاً إلى ٢٣– ٢٦°م وتزيد الإضاءة الشديدة من التأثير الضار لدرجات الحرارة المرتفعة نهارًا على العقد، ويؤدى تظليل النباتات جزئيًّا إلى تحسين العقد تحت هذه الظروف. إلا أنه لا يكون للإضاءة الشديدة

تأثير ضار على عقد الثمار عندما تكون درجة الحرارة مناسبة للعقد. وعندما تكون درجة حرارة الليل منخفضة، فإن الإضاءة الشديدة نهارًا تساعد على تحسين العقد تحت هذه الظروف (Curme ١٩٦٢).

التأثير الفسيولوجى للحرارة العالية على عقد الثمار

يقل عقد ثمار الطماطم فى الجو الحار سواء أكان الارتفاع فى درجة الحرارة ليلاً أم نهارًا. ويرجع ذلك إلى عوامل عديدة؛ فلدرجة الحرارة المرتفعة مثلاً تأثير كبير على أيض (ميتابوليزم) النبات. وقد كان Nitghtingale من أوائل الذين درسوا هذه الظاهرة، إذ عرَّض نباتات طماطم وهى بعمر ٦ أسابيع لدرجات حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٨، و٢١,١، و٣٥ °م، ورطوبة نسبية مقدارها ٨٥٪ لمدة ١٠ أيام، فوجد أن معاملة الحرارة المرتفعة أدت إلى إحداث نقص واضح فى محتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية، وصاحبت ذلك زيادة واضحة فى نسبة النيتروجين العضوى. وقد أرجع Nitghtingale هذه الظاهرة إلى زيادة المستهلك من المواد الكربوهيدراتية فى التنفس فى الحرارة العالية. كذلك أوضح آخرون أن نقص محتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية يؤدى إلى عقم حبوب اللقاح وضعف حيويتها. كما تبين أن انتقال المواد الكربوهيدراتية فى النبات كان قليلاً عندما كانت الحرارة ليلاً ٢٦,٥ °م، ثم ازداد معدل انتقالها تدريجيًّا مع انخفاض حرارة الليل حتى ٨ درجات مئوية، وكانت أفضل حرارة ليلاً للنمو هى ١٨ °م. وقد أدى نقص انتقال المواد الكربوهيدراتية فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك إلى ضعف النمو الجذرى، والخضرى، والثمرى. أما حرارة الليل الأقل من ١٨ °م، فقد صاحبها نقص فى معدل النمو مع تخزين المواد الكربوهيدراتية، إلا أن هناك دراسة أثبتت أن أفضل حرارة لانتقال المواد الكربوهيدراتية هى ٢٤ °م، ولم يظهر أى دليل على زيادة انتقالها فى درجات الحرارة الأقل من ذلك. ويبدو أن الزيادة التى لوحظت قبل ذلك فى الحرارة المنخفضة كانت راجعة إلى سببين غير مباشرين؛ هما: نقص النمو، ونقص معدل التنفس تحت هذه الظروف. وبالإضافة إلى ما تقدم فقد وجد أن الفقد فى المواد

الكربوهيدراتية بالتنفس يزداد مع الارتفاع فى درجة الحرارة حتى ٣٠ ْم (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

وتأييدًا لنظرية نقص الكربوهيدرات فى درجات الحرارة المرتفعة، وتأثير ذلك على العقد نذكر ما توصل إليه Stevens & Rudich (١٩٧٨) من أن عملية البناء الضوئى تتأثر فى الحرارة المرتفعة بدرجة أكبر فى الصنف روما Roma، عنه فى الصنف سالاديت Saladette القادر على العقد الجيد فى الحرارة المرتفعة، وما ذكراه من أن الأوراق الصغيرة التى تنمو تحت العنقود الزهرى مباشرة تنافسه على الغذاء المجهز، وتؤدى إزالتها إلى تشجيع الإزهار.

وأدى تعريض نباتات صنف الطماطم سالادت Saladette – الذى يمكنه العقد فى الحرارة المرتفعة – إلى حرارة ٤٠ ْم نهارًا، و١٨ ْم ليلاً لمدة ٢٤ ساعة إلى نقص معدل البناء الضوئى بنسبة ٣٠٪، بينما أحدثت نفس المعاملة لنباتات الصنف روما Roma – الذى لا يمكنه العقد فى الحرارة العالية – نقصًا فى معدل البناء الضوئى بنسبة ٦٥٪. كما أظهرت نباتات الصنف سالادت تأقلمًا على الحرارة المرتفعة فيما يتعلق بالبناء الضوئى، مقارنة بنباتات الصنف روما التى استمر فيها انخفاض معدل البناء الضوئى كثيرًا باستمرار ارتفاع درجة الحرارة. كذلك وجد أن نباتات الصنف سالادت تنقل – تحت ظروف الحرارة العالية – كميات أكبر من الغذاء المجهز من الأوراق إلى البراعم الزهرية عما يحدث فى نباتات الصنف روما تحت نفس الظروف. ويؤيد ذلك كله أهمية نظرية التوازن الغذائى فى عقد ثمار الطماطم (عن Stevens & Rick ١٩٨٦).

وعلى الرغم من أن هذه الدراسات تؤكد على أن سوء العقد فى درجات الحرارة المرتفعة يرجع إلى استنفاد مخزون المواد الكربوهيدراتية فى التنفس تحت هذه الظروف، إلا أن الحرارة المرتفعة تؤثر على العقد من خلال تأثيرها على أمور أخرى كثيرة. وقد ضعف الاتجاه المؤكِد لنظرية استنفاد مخزون المواد الكربوهيدراتية فى الحرارة المرتفعة،

وذلك بعد أن ثبت أن أزهار الطماطم المقطوعة لا تعقد فى درجات الحرارة المرتفعة، وإن توفر لها مستوى مرتفع من المواد الكربوهيدراتية فى بيئة مغذية.

وقد أوضحت الدراسات — التى أجريت فى المركز الآسيوى لأبحاث وتطوير لخضر Asian Vegetable Research and Development Center) ١٩٧٨ و ١٩٧٩، وKuo وآخرون ١٩٧٩) — أن عقد ثمار الطماطم يكون منخفضًا — بدرجة متساوية — عند ارتفاع الحرارة ليلاً (حتى ٢٥ ْم)، أو نهارًا (حتى ٣٨ ْم)، وأن سوء العقد فى الحرارة المرتفعة ينتج عن تأثير الحرارة على عدد من العمليات الفسيولوجية؛ فلقد كان واضحًا أن التأثير الضار للحرارة المرتفعة على العقد يحدث قبل تفتح الزهرة، خاصة فى بداية ظهور النورة الزهرية؛ إذ لوحظ تأثر عملية تكوين الخلايا الأمية لحبوب اللقاح بالحرارة المرتفعة بدرجة أكبر فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية عنها فى الأصناف التى تتحمل الحرارة. كما وجد أن الإفرازات المأخوذة من مياسم إحدى السلالات المتحملة للحرارة العالية تشجع إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية عندما تُعامل بها مياسم الأزهار فى كل من السلالات الحساسة، والمتحملة للحرارة على حد سواء. ووجدت اختلافات بين سلالات الطماطم الحساسة، والمتحملة للحرارة فى قدرة حبوب لقاحها على الإنبات فى البيئات الصناعية in vitro فى درجات الحرارة العالية. فتميزت السلالات القادرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة (مثل: L283، و L245، و L392) بارتفاع نسبة إنبات حبوب لقاحها فى حرارة ٣٤ ْم، إلا أن إنباتها تأثر فى حرارة ٣٨ ْم، وهى حرارة أعلى بكثير من الحد الأقصى المناسب لعقد ثمار الطماطم. كذلك لوحظت ظاهرة بروز الميسم من المخروط السدائى بمعدلات أكبر فى السلالات الحساسة للحرارة المرتفعة.

وفى دراسة شاملة أجراها El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) وقارنا فيها الصنف الحساس للحرارة المرتفعة فى إف ٣٦ VF36 بخمسة أصناف وسلالات متحملة للحرارة المرتفعة، هى: سالاديت Saladette، و P.I. 262934، و BL 6807، و S 6916، وCIA S161 تأكد لديهما أن القدرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة ترجع إلى

عوامل كثيرة؛ فقد أدى تعريض النباتات لحرارة ٣٨°م نهارًا، و٢٧°م ليلاً إلى إحداث التأثيرات التالية:

١- انخفض إنتاج الأزهار فى كل الأصناف والسلالات ما عدا السلالة BL 6807، والتى ظلت أزهارها تتمتع بوصول نسبة مرتفعة من المواد الغذائية المجهزة إليها تحت هذه الظروف.

٢- توقف انتثار حبوب اللقاح من المتوك فى كل الأصناف والسلالات.

٣- نقص إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية، وكان الصنف سالاديب أقلها تأثرًا فى هذا الشأن.

٤- ضعفت حيوية حبوب اللقاح، وضعفت كذلك مقدرتها على الإخصاب، وكانت السلالتان S 6916، و CIA S161 أقلهما تأثرًا، بينما كان الصنف Saladette أكثرها تأثرًا فى هذا الشأن وقد استدل على هذا التأثير للحرارة المرتفعة من خلال عدد البذور المتكونة بالثمار.

٥- لم تتأثر البويضات كثيرًا بارتفاع درجة الحرارة، وكانت السلالة BL 6807 أكثرها تأثرًا.

هذا.. إلا أن الحرارة المتوسطة الارتفاع (٢٦°م ليلاً ونهارًا) لم تؤثر إلا قليلاً على عقد ثمار الطماطم، على الرغم من أن هذه الحرارة كانت أعلى من الدرجة المثلى لإنتاج حبوب اللقاح وعقد البذور، وذلك مقارنة بحرارة ليل ١٨، أو ٢٢، أو ٢٤°م مع حرارة نهار ٢٦°م (Peet & Bartholemew ١٩٩٦).

ولقد تبين أن للحرارة العالية تأثيرات على محتوى النبات من كل من منظمات النمو والبرولين، وتلك أمور ترتبط بالعقد، كما يتبين مما يلى:

فقد درس Kuo & Tsai (١٩٨٤) مستوى الجبريللينات والأوكسينات فى البراعم الزهرية، والأزهار المتفتحة، والثمار العاقدة حديثًا عند تعريض النبات أثناء أى من هذه

المراحل لحرارة ٣٨°م لمدة ٥ ساعات، ووجدا أن هذه المعاملة أحدثت نقصًا فى مستوى كل من الجبريللينات والأوكسينات، خاصة فى البراعم الزهرية والثمار العاقدة.

ويحاول الباحثون دراسة تأثير التعرض للحرارة العالية على محتوى النبات من البرولين بمعلومية أن البرولين يتراكم فى أوراق الطماطم عندما يتعرض النبات لظروف بيئية قاسية، مثل: التعرض للملوحة العالية، أو النقص الشديد، أو الزيادة الشديدة فى الرطوبة الأرضية. وقد وجدت اختلافات وراثية بين سلالات الطماطم فى هذه الخاصية. وفى محاولة لدراسة تأثير درجة الحرارة على محتوى البرولين وعلاقة ذلك بالعقد، قام Kuo وآخرون (١٩٨٦) بتقدير محتوى المتوك، وحبوب اللقاح، وأمتعة الأزهار، والأوراق من البرولين فى درجات الحرارة المختلفة، فوجدوا أن محتوى المتوك من البرولين ازداد مع تقدم نمو الأجزاء الزهرية، ووصل المحتوى إلى أقصى مداه عند تفتح الأزهار. أما المتاع فكان محتواه من البرولين أقل من محتوى المتوك، ولم يرتفع مع تقدم نمو البرعم الزهرى. وقد أدت الحرارة المرتفعة إلى خفض مستوى البرولين فى كل من متوك، وأمتعة الأزهار أيًّا كانت مرحلة نموها. وبالمقارنة .. فقد كان مستوى البرولين فى الأوراق أقل مما فى متوك، أو أمتعة الأزهار، إلا أن معاملة الحرارة المرتفعة أدت إلى زيادة محتواها من البرولين. وقد وجدوا أن حبوب اللقاح التى جمعت فى المواسم الحارة احتوت على برولين أقل مما فى تلك التى جمعت فى المواسم الباردة. كما أدت إضافة البرولين إلى بيئة إنبات حبوب اللقاح إلى زيادة معدلات الإنبات، وزيادة تحملها للحرارة.

الظواهر التى تتأثر بالحرارة العالية وتؤثر فى عقد الثمار

بروز الميسم من المخروط السدائى

إن الأسدية فى زهرة الطماطم تتكون من خيوط قصيرة ومتوك طويلة تلتصق ببعضها، وتشكل مخروطًا سدائيًا يحيط بقلم وميسم الزهرة. ويكون الميسم عادة فى وضع

قريب من الطرف العلوى للمخروط السدائى، أو فى مستوى منخفض قليلاً عن ذلك. وقد يبرز الميسم أحيانًا من المخروط السدائى، ويطلق على هذه الظاهرة اسم stigma exertion، والتى يؤدى حدوثها إلى سوء العقد بدرجة كبيرة فى الأصناف التجارية، وذلك لأنها لا تسمح بوصول حبوب اللقاح إلى ميسم الزهرة، كما تؤدى إلى سرعة جفافه وذبوله.

تؤدى هذه الظاهرة إلى نقص العقد بدرجة كبيرة؛ إذ وجد أن نسبة العقد تراوحت بين ٥٠٪ و ٩٠٪ فى الأصناف التى لا يبرز فيها الميسم من المخروط السدائى، وبين ١٠٪ و ٤٠٪ فى الأصناف التى يبرز فيها الميسم بمقدار ملليمتر واحد أو أقل، بينما لم يحدث أى عقد فى الأصناف والسلالات البرية التى يبرز فيها ميسم الزهرة لمسافة أكثر من ملليمتر. وعلى الرغم من وجود هذه العلاقة المؤكدة بين بروز الميسم وانخفاض نسبة العقد فإن زيادة انخفاض وضع الميسم داخل المخروط السدائى لا يعنى زيادة نسبة العقد (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

ويتوقف حدوث ظاهرة بروز الميسم من المخروط السدائى على العوامل التالية:

١- التركيب الوراثى:

على الرغم من أن الأصناف التجارية من الطماطم لا يبرز فيها الميسم من المخروط السدائى تحت الظروف الطبيعية، إلا أن الميسم يبرز خارج المخروط السدائى فى بعض الأصناف المزروعة فى أمريكا الجنوبة، وبعض السلالات البرية. ويكون بروز الميسم كبيرًا فى الأنواع البرية عديمة التوافق ذاتيًا، مثل: *Solanum peruvianum*، وبدرجة أقل فى أصناف الطماطم المزروعة فى أمريكا الجنوبية، وفى الطماطم الكريزية cerasiforme. ويكون الميسم فى مستوى قمة المخروط السدائى فى معظم الأصناف الأمريكية والأوروبية القديمة، أما فى أصناف الطماطم الحديثة، فإن ميسم الزهرة يكون فى وضع منخفض داخل المخروط السدائى ولا يبرز منه، ويبدو أن ذلك حدث نتيجة للانتخاب المستمر لزيادة القدرة على العقد تحت الظروف البيئية المختلفة (Rick ١٩٧٦).

٢- الحرارة المرتفعة والرياح الحارة الجافة: يعتبر هذا العامل من أهم العوامل البيئية المسببة لظاهرة بروز المياسم. وقد كان Smith (١٩٣٢) من أوائل من بيّنوا أهمية الرياح الحارة الجافة فى هذا الشأن.

٣- نقص الرطوبة الأرضية: يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى بروز المياسم فى بعض الأصناف.

٤- نقص مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات: يحدث النقص فى مستوى المواد الكربوهيدراتية نتيجة لأحد عاملين هما:

أ- انخفاض شدة الإضاءة، وقصر الفترة الضوئية كما يحدث فى الزراعات المحمية فى المناطق الباردة شتاءً. ويعتبر هذا العامل السبب الرئيسى لسوء العقد تحت هذه الظروف، ولكنه أقل تأثيرًا من الحرارة العالية.

ب- زيادة التسميد الآزوتى.

٥- المعاملة بالجبريللين GA_3: تؤدى المعاملة بالجبريللين قبل تفتح الأزهار بنحو ٤-٦ أيام إلى استطالة القلم، وبروز الميسم.

وتحدث ظاهرة بروز الميسم نتيجة لاستطالة القلم بصفة أساسية، إلا أنها قد تكون مصاحبة أيضًا ببعض الاستطالة فى المبيض.

هذا.. وتتباين أصناف الطماطم فى استجابتها لمختلف المؤثرات المحفرة لبروز ميسم الزهرة من المخروط السدائى. ولا تحدث الاستجابة للمؤثرات إلا إذا تعرضت لها الزهرة فى المراحل المتأخرة من تكوينها، وذلك عندما تكون بتلات وسبلات الزهرة مفتوحة بزاوية لا تقل عن ٤٥°.

تكوين الجاميطات

لوحظ أن لتعريض براعم وأزهار الطماطم لحرارة ٤٠°م لمدة يومين متتالين أثر على تكوين الجاميطات بشدة، حيث أدت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الأزهار —

بثمانية إلى تسعة أيام — إلى اندثار الخلايا الأربع الأحادية لحبوب اللقاح pollen tetrad، وظهرت بها علامات البلزمة، والتجلط، وازداد حجم الخلايا المغذية. كما أدى تعريض النباتات لحرارة ٤٠ — ٤٥ °م لمدة ٣ ساعات فقط خلال هذه المرحلة — أى قبل تفتح الزهرة بثمانية إلى تسعة أيام — إلى إحداث نقص كبير فى نسبة العقد، واستمر الضرر بمعدل كبير عندما أجريت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الزهرة بخمسة أيام، حيث كانت حبوب اللقاح فى طور التكوين، بينما لم يكن للحرارة المرتفعة تأثير يذكر على حبوب اللقاح الناضجة عندما أجريت المعاملة قبل تفتح الزهرة بيوم واحد، أو ثلاثة أيام.

ومع أنه لم تلاحظ أية نموات غير طبيعية فى مبايض الأزهار عندما فحصت بعد معاملة التعريض للحرارة المرتفعة مباشرة، إلا أنه لوحظ حدوث تدهور واندثار فى الخلايات الأمية الأنثوية، وذلك عند إجراء الفحص بعد المعاملة بخمسة أيام. وقد تبين من هذه الدراسة أن تأثير الحرارة المرتفعة على كل من الجاميطات المذكرة والمؤنثة يقل تدريجيًّا، وذلك مع تأخير معاملة التعريض للحرارة العالية، إلى أن تلاشَى التأثير تمامًا عند إجراء المعاملة قبل تفتح الأزهار بيوم واحد إلى ثلاثة أيام.

وقد تأكد أن إنتاج حبوب اللقاح يكون أقل بكثير فى درجات الحرارة العالية عما فى الحرارة المناسبة. وأمكن تقدير ذلك كميًّا؛ إذ وجد أن كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة بلغت ٠,٥٤، و٠,٦ ملليجرام فى أحد الأصناف القادرة على العقد فى الجو الحار عند تعريض النباتات لحرارة عالية (٣٣ °م نهارًا/ ٢٣ °م ليلاً)، وحرارة معتدلة (٢٣ °م نهارًا/ ١٧ °م ليلاً)، على التوالى. وبالمقارنة فقد انخفضت كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة فى أحد الأصناف الحساسة للحرارة من ١,٢١ ملليجرام فى معاملة الحرارة المعتدلة إلى ٠,٤٥ ملليجرام فى معاملة الحرارة العالية. ويتضح مما تقدم مدى زيادة تأثر إنتاج حبوب اللقاح بالحرارة العالية فى الصنف الحساس عنه فى الصنف المقاوم.

وإلى جانب ما تقدم بيانه.. فإن الحرارة المرتفعة تؤدى إلى ضعف تكوين الإندوثيسيم endothecium (النسيج المسئول عن انتشار حبوب اللقاح) وقد تأكد ذلك عندما عرضت النباتات لحرارة ٢٢ ْم ليلاً، مع ٣٩ ْم نهارًا.

إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية وسرعة الإخصاب

يتأثر إنبات حبوب اللقاح كثيرًا بدرجة الحرارة السائدة. فعندما تكون حبوب اللقاح عالية الحيوية نجد أن الوقت اللازم لإنباتها يتزايد بانخفاض درجة الحرارة على النحو التالى: نصف ساعة فى ٣٧ ْم، وساعة كاملة فى ٢٥ ْم، و ٣ ساعات فى ١٥ ْم، و ٥ ساعات فى ١٠ ْم، و٢٠ ساعة فى ٥ ْم. ويقل الإنبات كثيرًا فى درجات الحرارة الأعلى عن ٣٧ ْم، والأقل من ٥ ْم هذا.. بينما لا تؤثر الإضاءة العالية أو الرطوبة النسبية فى مدى ٥٠٪ – ٩٠٪ على سرعة إنبات حبوب اللقاح. ونجد أن إنبات حبوب اللقاح المأخوذة من أزهار تامة التفتح يكون أسرع من تلك المأخوذة من الأزهار عقب تفتحها مباشرة.

ولقد لُوحظ أن أفضل حرارة لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٩,٤ ْم، حيث بلغت نسبة الإنبات عندها ٦٦٪ بعد ٦٠ ساعة، وكانت هذه الدرجة كذلك أفضل درجة لنمو الأنابيب اللقاحية. هذا.. بينما كان أقل معدل لنمو أنابيب اللقاح عند حرارة ٣٧,٨ ْم. وبالمقارنة.. فقد لوحظ فى دراسة أخرى أن درجة الحرارة المثلى لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٥ ْم، وانخفض الإنبات بمقدار ٤٠٪ عند حرارة ٣٥ ْم، وبمقدار ٨٨٪ عند حرارة ٣٧,٥ ْم. كما وُجِدَ أن أفضل درجة حرارة لإنبات حبوب اللقاح فى بيئة صناعية كانت ٢٧ ْم، وأدى ارتفاع الحرارة عن ذلك إلى نقص سرعة الإنبات. وبمقارنة صنفين أحدهما حساس، والأخر مقاوم للحرارة المرتفعة، وجد أن نسبة إنبات حبوب اللقاح كانت ٧٣٪، و٦٦٪ فى الصنف المقاوم، وذلك عندما عرضت النباتات لحرارة معتدلة (٢٣ ْم نهارًا/ ١٧ ْم ليلاً)، وحرارة عالية (٣٣ ْم نهارًا/ ٢٣ ْم ليلاً) على التوالى، هذا.. بينما انخفضت نسبة إنبات حبوب اللقاح فى الصنف الحساس من ٦٧٪ فى الحرارة

المعتدلة إلى ٤٨٪ فى الحرارة العالية (عن El-Ahmadi ١٩٧٧). وقد وجد Tarakanov وآخرون (١٩٧٨) أن معاملة الحرارة المميتة لحبوب لقاح ٧ أصناف من الطماطم تراوحت بين ٤٠ ْم و٤٥ ْم لمدة ٦ ساعات.

ودرس Preil & Seimann (١٩٦٩) التفاعل بين الحرارة العالية والرطوبة النسبية، ودور هذا التفاعل فى التأثير على حيوية حبوب اللقاح، فوجدا أن إنباتها كان جيدًا فى حرارة ٣٥ ْم عندما كانت الرطوبة النسبية ٣٥٪، لكن الإنبات توقف كلية تقريبًا عندما كانت الرطوبة النسبية ١٠٠٪،

كذلك درس Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠ ْم لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا ارتباطًا معنويًّا وعاليًا جدًّا بين عقد الثمار وكل من إنبات حبوب اللقاح (r = ٠,٩٨٨)، ونمو الأنابيب اللقاحية (r = ٠,٨١٥).

وتصل الأنبوبة اللقاحية إلى الكيس الجنينى خلال فترة قدرها الباحثون بنحو ١٢–٥٠ ساعة وتزداد سرعة النمو بارتفاع الحرارة حتى ٣٥ ْم، بينما يتوقف النمو فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك. وعند انخفاض الحرارة إلى ١٠ ْم، يكون نمو الأنابيب اللقاحية أبطأ كثيرًا من أن يؤثر فى عملية الإخصاب. أما الرطوبة النسبية، وشدة الإضاءة، فلا يبدو أن لها تأثيرًا يذكر على نمو أنابيب اللقاح (عن Picken ١٩٨٤).

وفى دراسة أجريت على المراحل المختلفة التالية للتلقيح حتى الإخصاب، وُجد أن الأنابيب اللقاحية تنمو بمقدار ٧–٨ مم، ويحدث الإخصاب فى نحو ثلث الأزهار الملقحة خلال ٢٤ ساعة من التلقيح، وقد تأيد ذلك بدراسة أخرى وُجِدَ فيها أن الإخصاب يحدث فى بعض الأزهار بعد ١٨ ساعة من التلقيح، ويحدث فى معظم الأزهار خلال ٢٤–٣٠ ساعة من التلقيح فى حرارة ٣٠ ْم. كما وجد أن بداية تكوين الأندوسبرم ذى النوايا الثنائية، والرباعية، والثمانية تكون بعد ٤٨، و٧٢، و٩٦ ساعة من التلقيح، على التوالى. هذا.. بينما تظهر بداية تكوين الجنين ذى الاثنين والأربع خلايا بعد ٩٦، و١٢٠ ساعة من التلقيح، على التوالى.

وقد أفادت معرفة هذه الأمور فى دراسة تأثير العوامل البيئية — خاصة درجة الحرارة — على المراحل المختلفة فى عمليتى التلقيح، والإخصاب، وبداية تكوين الجنين.

وقد تبين ضعف نشاط الإنزيم S-adenosymethionone decarboxylase فى الحرارة المرتفعة (٣٨°م)، وربما يكون ذلك هو السبب الرئيسى فى ضعف سلوك حبوب اللقاح (ضعف الإنبات ونمو الأنابيب اللقاحية) فى تلك الظروف (Song وآخرون ٢٠٠٢).

التأثير على مياسم الأزهار

وجد Charles & Harris (١٩٧٢) أن عقد ثمار الطماطم ينخفض فى حرارة ٢٦,٧°م، وأن ذلك يرجع بصفة رئيسية إلى بروز المياسم وضعف قابليتها لاستقبال حبوب اللقاح، حيث يصاحب بروز المياسم — عادة — جفافها وذبولها.

التأثير على نمو وتكوين الجنين

وجد أن أكبر تأثير للحرارة المرتفعة على الجنين يكون فى المراحل المبكرة من نموه وتكوينه. فعندما عرضت البويضات المخصبة لحرارة ٤٠°م لمدة ٤ ساعات بعد التلقيح بنحو ١٨ ساعة، فشلت فى إكمال نموها. وعندما أجريت هذه المعاملة بعد التلقيح بيوم إلى أربعة أيام اندثر الإندوسبرم وتدهور. أما عندما أجريت معاملة التعريض للحرارة العالية بعد التلقيح بخمسة أيام، لم تنتج عنها أية أعراض غير طبيعية.

تأثير الحرارة المنخفضة على إنتاج وحيوية حبوب اللقاح

إن الحرارة المنخفضة لا تؤثر كثيرًا على عملية تكوين حبوب اللقاح باستثناء فترة حرجة تسبق تفتح الأزهار بأسبوعين تكون فيها النباتات حساسة للحرارة المنخفضة. ومن المعتقد أن هذه الفترة تعقب الانقسام الاختزالى للخلية الأمية لحبوب اللقاح، وذلك على اعتبار أن العمليات المؤدية إلى تكوين حبوب اللقاح تكون بطيئة نسبيًّا فى الحرارة المنخفضة، كذلك ليس للحرارة المنخفضة تأثيرًا على حيوية حبوب اللقاح، إلا عندما

يكون التعرض للبرودة ليلاً ونهارًا؛ فلا تتأثر حيوية حبوب اللقاح عندما تتعرض النباتات لحرارة ٨ أو ٥°م لمدة ١٢ ساعة ليلاً، مع حرارة ٢٠°م نهارًا لمدة ٧ أيام، بينما تتأثر نوعية حبوب اللقاح لمدة أسبوعين بعد انتهاء المعاملة فى النباتات التى تتعرض لحرارة ٦–٧°م ليلاً ونهارًا لمدة أسبوع. ومن المعتقد أن الحرارة المنخفضة تؤثر على تكوين وتطور الزهرة (عن Picken ١٩٨٤).

معاملات تحسين عقد الثمار

معاملة الاهتزاز لتحسين عقد الثمار شتاءً فى البيوت المحمية وفى الزراعات الحقلية

تحتاج نباتات الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً إلى هز العناقيد الزهرية بآلة خاصة مرة واحدة على الأقل كل يومين لضمان عقد الثمار بصورة جيدة، ولا يلزم إجراء ذلك للنباتات النامية صيفًا، وربما كان ذلك بسبب اهتزاز النباتات بصورة طبيعية عند إجراء عملية التهوية أو التبريد صيفًا، وجفاف حبوب اللقاح المنتجة صيفًا بالمقارنة بتلك المنتجة شتاءً، فتكون الأولى مفردة وخفيفة، بينما تكون الثانية متكتلة ولزجة؛ مما يستدعى هز الأزهار للمساعدة على التلقيح.

ويفضل إجراء عملية الهز خلال منتصف النهار، كما تزداد فاعليتها عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪، ويتراوح المجال المناسب من ٥٠٪–٩٠٪. ولا تساعد الرطوبة الأقل من ذلك على التصاق حبوب اللقاح بمياسم الأزهار بصورة جيدة، بينما تؤدى الرطوبة الأعلى من ذلك إلى بقاء حبوب اللقاح داخل المتوك (عن Picken ١٩٨٤).

تساعد عملية الاهتزاز على انتقال حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار، وهو أمر مهم بالنسبة لعقد الثمار عند نقص إنتاج حبوب اللقاح تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء. وإذا لزمت المعاملة بمنظمات النمو لأجل تحسين العقد، فإن ذلك يجب أن يجرى بعد

هزّ العناقيد الزهرية بنحو يومين، حتى لا تتعارض منظمات النمو مع نمو الأنابيب اللقاحية.

هذا.. وقد تُجرى عملية الاهتزاز بالطرق على السلك العلوى الذى تستند عليه النباتات فى نموها الرأسى، ولكن ذلك لا يكون بنفس كفاءة هز العناقيد الزهرية بالهزَّاز vibrator المستعمل لهذا الغرض.

ولقد أدى إحداث اهتزازات شديدة بنباتات الطماطم وما تحمله من أزهار فى الزراعات الحقلية — بتعريضها لتيار قوى من الهواء تحت ضغط — مرة كل يومين فى منتصف النهار أثناء سطوع الشمس لمدة أربعة أسابيع.. أدى ذلك إلى تحسن كبير فى عقد الثمار كمًا ونوعًا، ظهر على صورة زيادة معنوية فى كلٍ من المحصول المبكر والصالح للتسويق والكلى، مع نقص معنوى فى نسبة الثمار المصنفة كنفايات culls (Hanna ١٩٩٩).

معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو البارد

تُفيد المعاملة ببعض منظمات النمو فى تحسين عقد الثمار فى الجو البارد، وذلك عندما تنخفض الحرارة ليلاً عن ١٥ °م أثناء الإزهار. تُعطَى أول رشة بعد تفتح ٣ أزهار بالعنقود، مع قصر الرش على العناقيد الزهرية فقط، وتوجيهه قدر المستطاع نحو الأزهار المتفتحة فقط، وتكراره أسبوعيًّا كلما وجدت أزهار متفتحة، واستمر انخفاض الحرارة عن ١٥ °م.

ومع استحالة رش العناقيد الزهرية فقط فى الزراعات الأرضية — وخاصة مع الأصناف ذات النمو الخضرى المندمج — يلجأ البعض إلى رش النموات الخضرية كلها. وتتوفر أدلة على فاعلية المعاملة بهذه الطريقة عند المعاملة بالأوكسين: بارا — كلورو فينوكسى حاض الخليك بتركيز وصل إلى ٥٠ جزءًا فى المليون (Singletary & Warren ١٩٥١).

ومن أهم منظمات النمو المستخدمة لتحسين العقد فى الجو البارد، ما يلى:

١- بارا-كلورو فينوكسى حامض الخليك para-chloropenoxyacetic acid (اختصارًا: 4-CPA)، كما فى المنتج التجارى توماتون Tomatone، بتركيز ٣٠ جزءًا فى المليون.

٢- بيتانفثوكسى حامض الخليك β-napthoxyacetic acid، كما فى المنتج التجارى بروكاربل Procarpil، وكذلك فى المنتج بيتابال Betapal، بتركيز ٥٠-١٠٠ جزء فى المليون.

٣- حامض فثالامك phthalamic acid، كما فى المنتج التجارى دوراست Duraset، بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون.

وقد لخص Ho & Hewitt (١٩٨٦)، و Geisenberg & Stewart (١٩٨٦) معاملات منظمات النمو المستخدمة تجاريًّا على الطماطم، والتى تؤدى إلى عقد ثمار بكرية فى الظروف الطبيعية غير المناسبة للعقد (فى الجو البارد) كما يلى:

أولاً: باراكلوروفينوكسى حامض الخليك (4-CPA) بتركيز ١٥-٥٠ جزءًا فى المليون. يستخدم التركيز المنخفض فى الزراعات المحمية؛ فترش العناقيد الزهرية بمحلول منظم النمو على صورة رذاذ دقيق عند تفتح الأزهار. وتكفى رشة واحدة لكل عنقود زهرى فى الزراعات المحمية، بينما يمكن فى الحقل أن ترش النباتات خمس مرات كحد أقصى كل ١٠ - ١٥ يومًا.

ثانيًا: ٢-(٣- كلوروفينوكسى) حامض البروبيونك (2-3-chlorophenoxy) propionic acid بتركيز ٢٥- ٤٠ جزءًا فى المليون ويستخدم فى الزراعات المحمية فقط.

ثالثًا: إن - إم تولى فثالامك أسيد N-m-tolyphthalamic acid بتركيز ٠,١٪ - ٠,٥٪ من التحضير التجارى توماست Tomaset الذى يحتوى على الهرمون بنسبة

٢٠٪، وهو يستخدم فى الزراعات الحقلية للأصناف محدودة النمو؛ حيث يرش النبات كله عندما تتكون به من ٣–٤ عناقيد زهرية بكل منها ٢–٣ أزهار متفتحة. وتفيد هذه المعاملة فى تحسين العقد فى الزراعات المبكرة، والتى تزهر فى الجو البارد قبل بداية الربيع، ثم يكرر الرش بعد أن يكوّن النبات ١٠ عناقيد زهرية، كما يلى:

مرحلة النمو	الرطوبة النسبية	التركيز الموصي به	كمية محلول الرش (لتر/هكتار)
٣–٤ عناقيد بها ٢–٣ أزهار متفتحة	عالية	٠,١٪	١٠٠–٢٠٠
	منخفضة	٠,٢٪	١٠٠–٢٠٠
١٠ عناقيد فأكثر	عالية	٠,٢٪ – ٠,٣٪	٣٠٠–٥٠٠
	منخفضة	٠,٥٪	٣٠٠–٥٠٠

يلاحظ أن التركيز الموصى به ينخفض مع ارتفاع الرطوبة النسبية، وأنه لا يوصى بمعاملة الأصناف محدودة النمو – تحت الظروف الحقلية – قبل تكوينها لنحو ٣–٤ عناقيد زهرية حتى لا يتأثر محصولها بفعل التأثير المثبط لمنظم النمو على نموها الخضرى. هذا.. علمًا بأن الاستجابة لمنظم النمو تحدث فى كل من البراعم الزهرية التى يبلغ طولها ٨–١٠ مم والأزهار المتفتحة ما بقيت بتلاتها بلون أصفر زاهٍ. وعند اتباع النظام السابق بيانه فإن الفترة بين المعاملتين تتراوح بين ١٠ و ٢٠ يومًا، ويمكن تكرار المعاملة على فترات مماثلة ما فتئت الحرارة منخفضة عن ١٣°م ليلاً.

رابعًا: ٢–نافثيلوكسى حامض الخليك 2-Naphthyloxyacetic acid بتركيز ٤٠–٦٠ جزءًا فى المليون، وهو يستخدم فى الزراعات الحقلية، حيث يُرش به النبات كله بمعدل ١٣٥–٢٢٥ لترًا/فدان من محلول الرش.

معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو الحار

يعتبر الأوكسين بارا–كلوروفينوكسى حامض الخليك para-chlorophenoxy acetic acid (اختصارًا 4-CPA) من أهم منظمات النمو المستخدمة تجاريا لتحسين عقد ثمار الطماطم فى الحالات التى تنحرف فيها درجة الحرارة بالارتفاع – أو بالانخفاض

(كما أسلفنا) – عن المجال المناسب للعقد، ويستعمل فى صورة محلول مائى بتركيز ٢٠–٣٠ جزءًا فى المليون (حسب درجة الحرارة السائدة حيث يقل التركيز المستخدم فى الجو الحار)، ثم يرش به النبات كله، أو العناقيد الزهرية فقط.

وتُراعى فى حالة رش النبات ضرورة استعمال التركيزات المخففة، مع محاولة تجنب رش قمة النبات تفاديًا لوصول الهرمون إلى البراعم الزهرية وهى فى أطوارها المبكرة من النمو، حيث يؤدى ذلك إلى الإضرار بالتكوين الطبيعى لحبوب اللقاح، والبويضات. كما يفضل فى حالة رش النبات كله إجراء ٢–٣ رشات بتركيز منخفض عن رشة واحدة بتركيز مرتفع، نظرًا لحساسية النموات الخضرية الشديدة لمنظم النمو فى الجو الحار.

أما فى حالة معاملة العناقيد الزهرية، فإنه يفضل تأخير أول رشة لحين تفتح ٣ أزهار أو أكثر بالعنقود، ويكرر الرش كل ٧–١٠ أيام حسب سرعة تفتح الأزهار الجديدة، طالما استمرت الظروف الحرارية غير المناسبة للعقد. ويعنى ذلك أن العنقود الواحد قد يرش مرتين. ومع أن محلول الرش يصل إلى العنقود كله، إلا أنه يجب أن يكون التركيز على الأزهار المتفتحة بتوجيه فوهة الرشاشة الصغيرة atomizer نحوها. ويراعى دائمًا هز العناقيد جيدًا أثناء معاملتها للمساعدة على التلقيح الطبيعى، إذ لا يجب أن يكون الهدف هو إحلال الهرمونات كلية محل حبوب اللقاح.

ويجب — دائمًا — مراعاة ألا يصل محلول الرش إلى القمة النامية للنبات.

كذلك يستخدم حامض فثالامك Phthalamic، والمعروف تجاريًا باسم دوراست فى تحسين عقد الثمار فى الجو الحار، حيث تعامل به النموات الخضرية بتركيز ٠,٢٪– ٠,٣٪ عندما لا تقل درجة الحرارة نهارًا عن ٢٨ °م، وليلاً عن ١٨–٢٠ °م لعدة أيام متتابعة. ويكرر الرش كل ٧–١٠ أيام طالما استمر الارتفاع فى درجة الحرارة. وتفيد التركيزات الأعلى من ذلك بقليل فى وقف النمو النباتى عند الرغبة فى ذلك.

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على صفات الثمار

لا تُحدث المعاملة بمنظمات النمو أية تأثيرات على لون أو طعم الثمار، أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة، أو السكريات، أو الحموضة الكلية، أو المعادن أو الفيتامينات.

ومن ناحية أخرى... نجد أن استعمال منظمات النمو لتحسين العقد يؤدى — عادة — إلى إحداث التغيرات التالية فى صفات الثمار:

١- زيادة نسبة الثمار التى تعقد بكريًّا: ومن الطبيعى أن تؤدى المعاملة أثناء ارتفاع، أو انخفاض درجة الحرارة عن المجال المناسب للعقد الطبيعى إلى إنتاج ثمار بكرية، أو قليلة البذور أيًّا كانت مرحلة النمو المعاملة فيها البراعم أو الأزهار. ويستفاد من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن محاولة توجيه محلول الرش نحو الأزهار المكتملة التفتح، مع تجنب وصول المحلول إلى البراعم الزهرية، والأزهار غير المكتملة التفتح قدر المستطاع؛ لكن نظرًا لصعوبة إجراء ذلك عمليًّا نجد أن الثمار الناتجة من المعاملة بمنظمات النمو تحتوى دائمًا على نسبة من الثمار غير المنتظمة الشكل، والثمار التى بها جيوب داخلية فى أماكن المساكن.

ويتوقف مدى خلو الثمار من البذور على العوامل التالية:

أ- عدد مرات معاملة العنقود الزهرى الواحد بمنظم النمو.

ب- عمر الزهرة عند المعاملة، فكلما كانت المعاملة مبكرة، ازدادت حالة العقد البكرى.

ج- مدى ملاءمة الظروف الجوية للعقد الطبيعى.

د- مدى كفاءة عملية هز العناقيد الزهرية عند المعاملة.

وتكون الثمار العاقدة طبيعية — أى غير بكرية — إذا عوملت الأزهار بعد اكتمال تفتح البراعم الزهرية وتناسبت الظروف الجوية مع ظروف العقد الطبيعى.

٢- زيادة نسبة الثمار التى تظهر فيها تجاويف داخلية puffy fruits، وخاصة عند زيادة تركيز منظمات النمو المستعملة.

٣- زيادة حجم الثمار إذا أجريت المعاملة بعد اكتمال نمو البراعم الزهرية، أو بعد تفتح الأزهار، ونقص حجم الثمار إذا أجريت المعاملة فى المراحل المبكرة لتكوين البراعم (Hemphill ١٩٤٩). ويعتبر الأوكسين بارا-كلوروفينوكسى حامض الخليك من أكثر الهرمونات تأثيرًا فى هذا الشأن.

٤- زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والسكريات فى الثمار التى تعقد بكريا - بفعل منظمات النمو - مقارنة بالثمار البذرية (Casas Diaz وآخرون ١٩٨٧)؛ ذلك لأن المواد الكربوهيدراتية تخزن فى الثمار بدلاً من تراكمها فى البذور.

٥- نقص صلابة الثمار.

٦- زيادة نسبة الثمار غير المنتظمة النمو rough، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة الأزهار ذات الأجزاء الزهرية المتضاعفة والملتحمة fasciated فى العنقود الزهرى الأول، والتى توجد بصورة طبيعية ولا تعقد - فلا تظهر - فى الجو البارد، بينما تعقد - وتظهر - عند المعاملة بمنظمات النمو (عن Wittwer ١٩٥٤). كما تشاهد هذه الظاهرة فى الأصناف القادرة على العقد فى الجو البارد، حيث تكون الثمار المتكونة شديدة التفصيص، وغير منتظمة الشكل. وتزداد هذه الظاهرة - كذلك - عند زيادة تركيز منظمات النمو المستعملة.

ومن أشكال الثمار غير المنتظمة النمو التى قد تظهر عند المعاملة بمنظمات النمو: حالات الثمار المفلطحة oblate، والمصابة بالعيب الفسيولوجى "وجه القط"، والشبيهة بالفراولة، والمتضاعفة الملتحمة fasciated، والتى تبرز بعض مساكنها.

وقد بيّن Avery وآخرون (١٩٤٧) تأثير المعاملة بمنظمات النمو أثناء المراحل المختلفة للنمو البرعمى، والزهرى على العقد، وصفات الثمار، ويمكن إيجاز ذلك فيما يلى:

١- تؤدى المعاملة فى أى وقت قبل تفتح الأزهار بنحو ثمانية أيام حتى قبيل تفتحها مباشرة إلى عدم تكوّن الأزهار بصورة طبيعية، فيحدث نقص واضح فى نسبة العقد، وحجم الثمار، وتكون الثمار المتكونة قليلة أو عديمة البذور.

٢- تؤدى المعاملة فى بداية مرحلة تفتح الأزهار (أى قبل اكتمال انفراج البتلات والتلقيح) إلى عقد ثمار جيدة، لكنها تخلو من البذور.

٣- تؤدى المعاملة بعد تفتح الأزهار بأربعة أيام إلى عقد ثمار جيدة تحتوى على البذور بصورة طبيعية.

معاملات تحسين العقد والمحصول فى ظروف متباينة

١- فى حالات انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن تلك التى تُناسب العقد الجيد يمكن تثبيت العقد بالرش الورقى بالأمكتون بمعدل ٦٠ جم/١٠٠ لتر ماء أو بالتوماست بمعدل ٥٠ جم/١٠٠ لتر ماء بدءًا من بعد التزهير بنحو ١٥ يومًا، ثم يكرر الرش بعد نحو ١٥–٢٠ يومًا أخرى.

٢–يفيد الرش الورقى بالفوسفور والبوتاسيوم معًا عند بداية التزهير وتكرار ذلك ثلاث مرات على فترات أسبوعية أو كل ١٠ أيام .. يفيد ذلك فى تثبيت عقد الثمار.

٣- فى الظروف التى تُناسب الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم يُفيد الرش الورقى بمخلوط من ٣ أقراص بيرليكس + ١٥٠ مل أحماض أمينية فى ١٠٠ لتر ماء عند بداية الإصابة بالفيرس، وتكرار ذلك ٢–٣ مرات كل ١٢ يومًا.. يفيد ذلك فى تحسين العقد وتخفيف أثر الإصابة الفيروسية على النمو الخضرى.

٤- يمكن زيادة حجم الثمار وتحسين المحصول بالرش بالخميرة بعد شهر من الشتل وتكرار ذلك ثلاث مرات كل ١٥ يومًا، ويكون الرش بمعدل ١,٥ جم خميرة لكل لتر ماء، مع تنشيط الخميرة بالسكر (مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

٥- المعاملة بالبكتيريا المنشطة للنمو:

أحدث حقن (عدوى) شتلات الطماطم بالسلالة MT232 من البكتيريا *Agrobacterium rhizogenes* — التى تحفز تفرع النمو الجذرى — أحدث زيادة

كبيرة معنوية فى النمو الجذرى للنباتات، حيث بلغت الزيادة فى الوزن الجاف للجذور ٦٤٪، مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد اقتصر هذا التأثير على النمو الجذرى فى الثلاثين سنتيمترًا السطحية فقط من التربة، أى أنه ظل قاصرًا فقط على كتلة الجذور الأصلية التى تعرضت للعدوى بالبكتيريا. هذا .. بينما لم يكن للبكتيريا أى تأثيرات غير طبيعية على النمو الخضرى للنباتات المحقونة (Erickson وآخرون ١٩٩٠).

وتستجيب الطماطم لتوفير البكتيريا المنشطة للنمو النباتى حول جذور النباتات (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria). فمثلاً.. أدت السلالة 28-63 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى زيادة محصول الثمار الصالحة للتسويق بنسبة ١٣,٣٪، ومحصول ثمار الدرجة الأولى بنسبة ١٨,٢٪، ومتوسط وزن الثمرة بنسبة ١١,١٪ – عندما كانت الظروف غير مناسبة للطماطم – وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Gagne وآخرون ١٩٩٣).

٦- التطعيم:

يُفيد استخدام الهجين النوعى *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* كأصل للطماطم فى زيادة المحصول دون التأثير على الجودة. ومن الأصول المستخدمة لهذا الهجين الأصلين: Vigomax، و Hires، وكذلك الأصل Beaufort المقاوم للذبول الفيوزارى، والذى يؤدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ١٥٪ إلى ٣٥٪ (Kell & Jaksch ١٩٩٨).

وعندما طُعِّم صنف الطماطم Cuore di Bue (وهو صنف متوارث heirloom) على أصلين من الهجين النوعى: *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* (هما: Beaufort، وMaxifort).. أدى التطعيم على Maxifort إلى زيادة نسبة المساحة الورقية leaf area ratio بنحو ١٣٪، والوزن الجاف للأوراق كجزء من الوزن الجاف الكلى بنسبة ١٨٪. وأدى التطعيم – عمومًا – إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٠٪ – ٢٥٪. ولم يكن للتطعيم تأثير جوهرى على أى من صفات جودة الثمار: المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة، والنسبة بينهما، وخصائص الطعم؛ إلاّ أن التطعيم أحدث خفضًا فى حامض الأسكوربيك بنسبة ١٤٪–٢٠٪ (Gioia وآخرون ٢٠١٠).

الفصل الثالث

تحديات الإنتاج الخاصة بصفات الجودة ووسائل التعامل معها

نتناول بالشرح فى هذا الفصل تحديات الإنتاج ذات الصلة بصفات الجودة، وكيف يمكن تحسينها وتجنب تدهورها.

تندرج تحت صفات الجودة جميع صفات الثمرة الخارجية منها المنظورة والداخلية المحسوسة. وللتعرف على العوامل المؤثرة فى كل صفة، وكيفية تطويعها لأجل تحسينها، فإن الأمر يتطلب الإلمام بخصائص تلك الصفات ومكوناتها.

حجم الثمار

طبيعة الزيادة فى الحجم

نجد أن مبيض الزهرة، فى معظم الأنواع النباتية، ينمو بالانقسام الميتوزى mitosis أثناء مراحل تكوين الزهرة، ثم يتوقف الانقسام فى خلايا المبيض بعد تفتح الزهرة، أما بعد العقد، فإن نمو الثمرة يحدث نتيجة للزيادة فى حجم خلايا المبيض التى اكتمل عددها قبل العقد. وتعتبر الطماطم والبطيخ من المحاصيل التى تنمو ثمارها بهذه الطريقة، ولكن تحدث فى الطماطم انقسامات ميتوزية خلال الأسبوع الأول بعد العقد، وكذلك الأسبوع الثانى أحيانًا، حيث يزيد عدد طبقات الخلايا فى الجدر الثمرية من ٨ إلى ٣٠. وترجع الزيادة الكبيرة فى حجم الخلايا إلى تكوين فجوات عصارية تصل فى البطيخ إلى أحجام كبيرة لدرجة رؤيتها بالعين المجردة (عن Wareing & Phillips ١٩٧٨).

فبعد يوم أو يومين من الإخصاب تندمج الفجوات التى توجد فى كل خلية — معًا — لتكون فجوة عصارية واحدة كبيرة فى كل خلية. ويصبح السيتوبلازم خلال الأسبوعين التاليين لذلك عبارة عن طبقة رقيقة تحيط بالجدر الداخلية للخلايا، كما تبدأ فى هذا الوقت

أولى مراحل انفصال الجدر الخلوية حيث يبدأ الانفصال عند أماكن الاتصال بين الخلايا المتجاورة، ويستمر على امتداد الصفيحة الوسطى. وتزداد هذه المسافات خلال جميع مراحل تطور الثمرة ونموها. وتكون الروابط البروتوبلازمية بين الخلايا دقيقة جدًّا، ولكنها تبقى موجودة (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

وقد وجد Owen & Aung (١٩٩٠) ارتباطًا قويًّا بين قطر مبيض الزهرة عند تفتحها وبين الحجم النهائى لثمرة الطماطم فى عدد كبير من الأصناف.

ويتوقف الشكل النهائى للثمرة على النمو النسبى للمبيض فى كل من محوريه القطبى والاستوائى قبل تفتح الزهرة.

وفى خلال المراحل الأولى لتكوين الثمرة، تمتد المشيمة — تدريجيًّا — داخل المساكن، لتحيط بالبذور بعد نحو ١٠ أيام من العقد، وتملأ كل حيز المسكن خلال الأيام القليلة التالية لذلك. ويكون نسيج المشيمة صلبًا فى الثمار غير مكتملة النمو، ولكن مع اكتمال النمو، تبدأ الجدر الثمرية فى الانهيار، إلى أن يأخذ النسيج المشيمى فى الثمار الخضراء المكتملة النمو مظهرًا جيلاتينيًّا. وفى المراحل التالية لذلك قد تتراكم بعض السوائل الخلوية فى الفجوات، ولكن يبقى بروتوبلازم الخلايا سليمًا على الرغم من ذلك (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

معدل الزيادة فى حجم الثمرة أو وزنها والعوامل المؤثرة فيه

تنمو ثمرة الطماطم فى الأصناف الحديثة من مبيض يتراوح وزنه بين ٥ و ١٠ ملليجرامات إلى وزن نهائى يتراوح بين ١٥ جرامًا فى الأصناف الكريزية، و٤٥٠ جرامًا فى أصناف طراز البيف ستيك beef steak type فى مدة ٤٩ إلى ٧٠ يومًا حسب الصنف، والظروف الجوية، والممارسات الزراعية؛ ولذا نجد أن معدل نمو الثمرة يتباين كثيرًا من صنف لآخر. وعلى الرغم من ذلك فإن نمو ثمار جميع الأصناف يتبع منحنى أُسىّ (سيجمويد أو شبيه بحرف S) Sigmoid.

ويمكن تقسيم منحنى النمو إلى ثلاث مراحل كما يلى:

١– فترة أولى من النمو البطئ تمتد لنحو أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع، ولا يتعدى فيها

النمو ١٠٪ من الوزن النهائى الذى تصل إليه الثمرة. ونجد أن نمو المبيض يتوقف عند تفتح الزهرة، ولكن يستعيد المبيض نموه مرة أخرى بعد الإخصاب. ويزداد انتقال الغذاء المجهز إلى المبيض كثيرًا فى خلال يومين من التلقيح، حيث يزداد معدل التراكم اليومى من المادة الجافة من ٣٠ ملليجرامًا فى هذا الوقت إلى نحو ١٥٠ ملليجرامًا فى نهاية الأسبوع الثانى من التلقيح والإخصاب.

٢- يلى ذلك فترة من النمو السريع تمتد لنحو ٣-٥ أسابيع. وعند منتصف هذه الفترة (بعد نحو ٢٠-٥٠ يومًا من تفتح الزهرة) يصل النمو اليومى إلى أقصى معدلاته، سواء كان ذلك فى صورة زيادة فى الحجم، أم فى الوزن الطازج، أم فى الوزن الجاف. وتكتسب الثمرة معظم وزنها خلال مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء mature green stage.

٣- فترة ثالثة تمتد لنحو أسبوعين ولا تحدث فيها زيادة كبيرة فى وزن الثمرة، ولكن يحدث خلالها تغيرات حيوية كبيرة. فتظهر بدايات التلوين بعد مرور يومين إلى ثلاثة أيام من وصول الثمرة إلى مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء، ثم يتغير اللون تدريجيًّا بعد ذلك من الأصفر إلى البرتقالى، فالأحمر.

هذا.. وينتج النمو الأول البطئ من انقسام الخلايا وازديادها الأوَّلى فى الحجم، بينما يعود النمو السريع التالى لذلك — كليًّا — إلى ازدياد الخلايا فى الحجم. وبينما يكون النمو المطلق absolute growth الأوَّلى بطيئًا، فإن معدل النمو النسبى relative growth يزداد بشدة (فى صورة زيادة فى الحجم)، ليصل إلى حده الأقصى — وهو ٠,٨ سم^{٣}/سم^{٣} من حجم الثمرة يوميًّا — فى نهاية الأسبوع الأول بعد التلقيح والإخصاب، ثم ينخفض المعدل لوغاريتميًّا — بعد ذلك — خلال بقية مراحل نمو الثمرة. وبينما يزداد الوزن الجاف التراكمى للثمرة خلال مرحلة النمو الثانية (التى يبدو فيها النمو سريعًا) فإن معدل انتقال الغذاء المجهز إليها (الكربون) ينخفض من ١٤٠ ملليجرامًا يوميًّا إلى نحو نصف هذه الكمية، مع زيادة محتوى الثمرة الكربونى من ٢٠٪ إلى ٩٠٪. ويتوقف انتقال الغذاء المجهز إلى الثمرة بعد نحو ١٠ أيام من ظهور بداية التلوين فيها، ويرتبط ذلك بتكوين طبقة انفصال Abscission Layer بين الثمرة والكأس.

وبينما ترتبط زيادة الجدر الثمرية فى الحجم إيجابيًّا مع نشاط الأوكسين فى الثمرة، فإن الزيادة فى حجم المساكن تتأثر بتكوين ونمو البذور. وإذا ازداد نمو الجدار الثمرى الخارجى كثيرًا عن نمو الأنسجة المشيمية فإن الثمرة تظهر فيها فجوات وهو ما يُعرف بالجيوب.

ويتوقف الحجم النهائى لثمرة الطماطم على العوامل التالية:

١- حجم مبيض الزهرة:

يتأثر الحجم النهائى لثمرة الطماطم – إلى حد كبير – بعدد الخلايا الموجودة فى المبيض عند تفتح الزهرة. ويعنى ذلك إمكانية زيادة حجم ثمرة الطماطم بتهيئة الظروف المساعدة على تكوين مبايض زهرية كبيرة. ويتحقق ذلك باتباع الوسائل التالية:

أ- التربية لإنتاج أصناف ذات ثمار كبيرة؛ الأمر الذى يُشاهد فى عديد من الأصناف.

ب- التغذية الجيدة.

ج- تعريض النباتات لدرجة حرارة منخفضة نسبيًّا قبل الإزهار (Nitsch ١٩٦٢). ونجد أن حجم الثمار يزداد كلما ازدادت الفترة من تفتح الأزهار إلى النضج. وتتأثر هذه الفترة أساسًا بدرجة الحرارة، حيث تزداد بانخفاض الحرارة. ويحدث ذلك سواء أكانت الثمار بكرية أم غير بكرية، وسواء أكان العقد البكرى طبيعيًّا (أى وراثيًّا) أم بسبب معاملات منظمات النمو (Corella وآخرون ١٩٨٦).

وكمثال عن تأثير درجة الحرارة على حجم ثمرة الطماطم نقدم جدول (٣-١) الذى يبين متوسط وزن ثمار عدد من الأصناف فى العروات الصيفية، والخريفية، والشتوية فى محافظة الفيوم. ويلاحظ من الجدول أن ثمار العروة الخريفية التى تكونت أزهارها أثناء ارتفاع درجة الحرارة خلال شهر أغسطس كانت أقل الثمار وزنًا، بينما كانت ثمار العروتين الصيفية، والشتوية أكبر حجمًا، وقد تكونت أزهارهما أثناء اعتدال الحرارة خلال شهرى مارس، وأكتوبر على التوالى (تقارير نشاط الطماطم البحثى – مشروع تطوير النظم الزراعية – زراعات عام ١٩٨٠).

جدول (٣-١): متوسط وزن ثمار بعض أصناف الطماطم فى العروات المختلفة بمحافظة الفيوم.

العروة	متوسط وزن الثمرة بالجرام من أصناف			
	Castlong	E 6203	Peto 86	UC 82
الصيفية	٥١,٩	٦٢,٥	٦٤,٤	٥٢,٥
الخريفية	٢٠,٥	٢٧,٣	٢٩,٢	٢٧,٨
الشتوية	٦٣,٧	٧٣,١	٥٩,٤	٤٦,٩

٢- معدل انتقال الغذاء المجهز إلى الثمرة:

وجد Grange & Andrews (١٩٩٣) أن الحجم النهائى لثمرة الطماطم يرتبط بأعلى معدل لنمو الثمرة بعد نحو ٤٠ يومًا من تفتح الزهرة، ولا يرتبط بفترة إكمال الثمرة لنموها، وأن ارتفاع معدل نمو الثمرة خلال المراحل المتأخرة لتكوينها لم يؤخر وصولها إلى مرحلة النضج.

ويرتبط معدل نمو الثمار بمعدل وصول الغذاء المجهز إليها؛ وبذا.. يرتبط الحجم النهائى للثمرة بمعدل وصول الغذاء المجهز إليها. ويحدث ذلك عند خف نحو ٣٠٪ من الثمار التى توجد فى طرف العنقود الثمرى، وعند زيادة مسافة الزراعة.

٣- عدد البذور والمساكن:

يرتبط الحجم النهائى لثمرة الطماطم إيجابيًّا بعدد البذور أو وزنها وبعدد المساكن الثمرية. هذا ويختلف عدد البويضات فى متاع زهرة الطماطم — باختلاف الأصناف — من ٢٥٠ إلى ١٠٠٠ بويضة، بينما تختلف نسبة البويضات التى تكوِّن بذورًا بين ٢٠٪ و٥٠٪، وتكون النسب الأعلى فى حالات العدد الأقل من البويضات.

٤- موقع الثمرة على العنقود:

تكون الثمار التى عند قاعدة العنقود الثمرى أكبر حجمًا من تلك التى تقع عند قمته، مع تدرج الحجم بين الموقعين. ويرتبط هذا العامل بجميع العوامل السابقة، حيث

يكون معدل النمو وتراكم النشا بالثمار أعلى فى الثمار القاعدية عنها بالثمار القمية فى العنقود الواحد. وعند النضج يزيد تركيز السكريات المختزلة فيها مقارنة بالثمار القمية. وتحتوى مبايض الأزهار القاعدية على عدد أكبر من الخلايا عند تفتح الزهرة مقارنة بالأزهار القمية. كذلك يزيد تركيز إندول حامض الخليك، ويقل تركيز حامض الأبسيسك فى الثمار القاعدية مقارنة بالثمار القمية (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

وتبعًا لدراسة يابانية على أحد أصناف الطماطم الشيرى، قُدِّرت فيها التغيرات اليومية — على مدار الساعة – فى كل من حجم الثمرة، ومعدل انتقال الغذاء المجهز إليها، وإصابتها بالتشقق، واستخدم لذلك تقنيات الـ laser beam sensor system، و sapflow system.. وجد أن الثمار يزداد حجمها خلال الليل وساعات النهار الأولى، وهى نفس الفترة التى يتدفق فيها الغذاء المجهز إلى الثمار عبر العنق، كما أنها ذات الفترة التى تزداد فيها الإصابة بالتشقق (Ohta وآخرون ١٩٩٧).

ولا يُعد البناء الضوئى الذى تقوم به الثمرة ذاتها — وهى خضراء — ضروريًّا لاحتياجات الطاقة بها أو لتطورها، ولكنه يُعد — فى التوقيت المناسب — ضرورى لتطور تكوين البذور (Lytovchenko وآخرون ٢٠١١).

هذا.. إلاّ أن الأجزاء الثمرية الخضراء — مثل الكأس والكتف الأخضر والجدار الثمرى الخارجى pericarp وخلايا الحجيرات الثمرية البرانشيمية locular parenchyma — تقوم بعملية البناء الضوئى فى ثمرة الطماطم، وتُسهم بنصيب فى مدِّ الثمار بالغذاء المجهز، وربما تُسهم فى التأثير على نسبة الأحماض إلى السكر بالثمرة؛ ومن ثم تؤثر فى جودتها (Smillie وآخرون ١٩٩٩).

لون الثمار

بداية.. فإن لون ثمرة الطماطم صفة وراثية تتحدد بالتركيب الوراثى للصنف المستخدم فى الزراعة؛ حيث تتباين الأصناف — كثيرًا — فى لون ثمارها الناضجة من

الأصفر إلى البرتقالى بدرجاته، والوردى، والأحمر العادى، والأحمر القانى (crimson color)؛ فضلاً عن توفر سلالات وأصناف متوارثة heirloom تكون ثمارها بلون بنى أو بنفسجى أو أسود.

ويرجع اللونان الأصفر والبرتقالى إلى محتوى الثمار من الصبغات الكاروتينية الصفراء، وخاصة صبغة البيتاكاروتين (وهى بادئ فيتامين أ) حال غياب تمثيل صبغة الليكوبين، بينما يرجع اللون الأحمر إلى صبغة الليكوبين الحمراء التى تطغى — عند تواجدها بصورة طبيعية — على اللون الأصفر للصبغات الكاروتينية الصفراء. وبينما يُصبح اللون الأحمر قانيًا crimson عند زيادة تركيز صبغة الليكوبين مع ضعف تركيز صبغة البيتاكاروتين؛ فإن الظروف غير المواتية للتمثيل الطبيعى لليكوبين تسمح بظهور اللون الأصفر للصبغات الكاروتينية؛ فتصبح الثمار حمراء باهتة اللون، أو وردية pink، أو صفراء. ويزداد تركيز البيتاكاروتين إلى نحو ١٠ أضعاف التركيز العادى فى الأصناف البرتقالية عنه فى الأصناف الصفراء (عن Thompson وآخرين ١٩٦٧).

هذا.. وتحتوى الجدر الثمرية على نسبة أعلى من الليكوبين إلى الكاروتين عما فى المساكن؛ لذا يظهر المقطع العرضى بلون أفضل فى الثمار ذات المساكن الصغيرة (Magoon ١٩٦٩).

أما اللون الأحمر الضارب إلى البنى فإن مرده يكون إلى حمل الثمار لجين اللُب الأخضر green flesh (وهو الجين gf)، الذى لا يجعل تحلل الكلوروفيل كاملاً فى الجدر الثمرية (مع وجود الليكوبين)؛ فتكتسب الثمار لونها المميز. وأما اللون البنفسجى فيكون – غالبًا — بسبب جين الجل الأخضر green gel، الذى يُبقى على جل مساكن الثمار الناضجة أخضر اللون، فتظهر مع الليكوبين فى الجدر الثمرية — بلون قرمزى. ومثل هذه الثمار تحتفظ بكامل قيمتها الغذائية، وتتميز — عادة — بمذاق جيد.

وإلى جانب ما تقدم ذكره من جينات، فإن وجود جين النضج المتجانس uniform ripening (وهو u) يؤدى إلى غياب اللون الأخضر الداكن من أكتاف الثمار غير

الناضجة، وإلى تلونها بلون يُماثل لون باقى الثمرة. أما الأصناف التى تحمل الجين السائد U – مثل سوبر مارمند، وفى إف ١٤٥ – بى – ٧٨٧٩ (أو استرين بى)– فإن أكتاف ثمارها تكون بلون أخضر داكن يبقى له أثر طفيف فى لون الثمار الناضجة، وتتميز تلك الثمار بطعم جيد.

وقد أدت إضافة حامض الأبسيسك (الذى يُعد من منتجات مسار التمثيل البيولوجى للكاروتينويدات) إلى المحلول المغذى بتركيزات متزايدة تراوحت بين ٠,٥، و١٠,٠ مجم/لتر إلى إحداث زيادات جوهرية فى كل من البيتاكاروتين، والليوتين lutein، والزيازانثين zeaxanthin، والنيوزانثين neoxanthin فى الأوراق والثمار، وفى كلوروفيل أ، وب بالأوراق (Barickman وآخرون ٢٠١٤).

ويتحدد التوازن بين الصبغات – ومن ثم لون الثمار – بالعوامل التالية:

١– درجة الحرارة:

يتأثر تلوين الثمار بدرجة الحرارة السائدة أثناء النضج سواء أكان ذلك فى الحقل، أم فى المخزن، فلا تتلون الثمار جيدًا إذا انخفضت درجة الحرارة عن ١٣°م، نظرًا لأن تحلل الكلوروفيل يتوقف فى هذه الظروف، وتبقى الثمار خضراء اللون. وإذا استمر تعرض الثمار لدرجات حرارة أقل من ١٣°م لفترة طويلة، فإنها لا تتلون بصورة جيدة عند ارتفاع درجة الحرارة فيما بعد.

وأفضل حرارة لتكوين الليكوبين هى ٢٤°م.

ومع ارتفاع درجة الحرارة عن ذلك يقل تكوين الليكوبين ثانية إلى أن يتوقف تكوينه نهائيًّا فى حرارة ثابتة مقدارها ٣٠°م، أو أعلى من ذلك، لكن يستمر تكوين الصبغات الصفراء (البيتاكاروتين، والألفاكاروتين، والجاماكاروتين، وغيرها من الصبغات الكاروتينية الصفراء اللون) فى درجات الحرارة المرتفعة (حتى ٤٠°م)؛ وبذلك يكون لون الثمار أحمر مصفرًا. وتتلون هذه الثمار بصورة طبيعية إذا انخفضت الحرارة إلى المجال

المناسب للتلوين، والذى يتراوح بين ٢٠ و ٢٤ °م. ومع أن درجة الحرارة قد ترتفع عن ٣٠ °م لفترة قصيرة بعد الظهر، إلا أن ذلك لا يؤثر بالضرورة على تلوين الثمار، وذلك لأن انخفاض الحرارة ليلاً يعادل التأثير الضار لارتفاع الحرارة نهارًا، كما أنها تظلل بالنمو الخضرى غالبًا.

٢- شدة الضوء:

تزداد كمية الكاروتين فى الثمار المعرضة للضوء أثناء نضجها، عنها فى الثمار التى تنضج فى الظلام. ويعنى ذلك أن الثمار التى تقطف وهى فى طور النضج الأخضر، وتخزن لحين نضجها تكون أقل فى محتواها من الكاروتين. ومع أن ثمار الطماطم تتلون باللون الأحمر عند نضجها، سواء أنضجت فى الضوء أم فى الظلام، فإن تلوينها فى المخزن يكون بصورة أفضل إذا عرضت للضوء أثناء نضجها.

ويؤدى تعرض الثمار لضوء الشمس القوى المباشر إلى إصابتها بلسعة الشمس، حيث ترتفع درجة الحرارة فى الأنسجة المعرضة للضوء القوى عن ٣٠ °م، ويتوقف فيها التلوين، كما يُفقد منها الكلوروفيل؛ وبذا تصبح بيضاء اللون. وتزداد حدة هذه الحالة إذا تعرضت الثمار لأشعة الشمس القوية بصورة فجائية. وهو ما يحدث عند قلب النباتات أثناء الحصاد، أو تعديلها بغرض العزق — حيث تتعرض الثمار السفلية التى كانت مغطاة بالنموات الخضرية لأشعة الشمس القوية بصورة فجائية، فتصاب غالبًا بلسعة الشمس. ولذا.. فمن الضرورى أن تعاد النباتات إلى وضعها الطبيعى بعد الانتهاء من عمليتى الحصاد والعزق.

صلابة الثمار

تختلف أصناف الطماطم العادية فى درجة صلابة ثمارها، وبينما تنخفض درجة الصلابة فى بعض الأصناف القديمة ذات الطعم الجيد، مثل أيس، وفى إف إن ٨، فإن غالبية الأصناف الحديثة (سواء أكانت من أصناف التصنيع أم من أصناف الاستهلاك

الطازج، وسواء أكانت للإنتاج الحقلى، أم للزراعات المحمية) ذات ثمار جيدة الصلابة، وتتساوى فى ذلك الأصناف الثابتة وراثيًّا مع الهجن.

وقد وجد ارتباط موجب بين صلابة الثمار، ومحتواها من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول Alcohol Insoluble Solids (تختصر هكذا: AIS) والتى من أهمها المركبات التالية:

Soluble polysaccharides

Polygalacturonides

Water-insoluble polysaccharides

Acid hydrolysed polysaccharides

وجميع المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول، هى مركبات بكتينية وسيليلوزية تؤدى إلى زيادة لزوجة العصير، والمعجون (الصلصة)، والكاتشب، وغيرها من منتجات الطماطم. لذا.. يلاحظ وجود ارتباط آخر بين صلابة الثمار، ولزوجة العصير.

ويوجد ارتباط سالب بين محتوى الثمار من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول (AIS)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية Total Solbule Solids (اختصارًا: TSS). ونظرًا لكون ثمار أصناف التصنيع صلبة وغنية فى المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول؛ نجد أن محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية أقل مما فى أصناف الاستهلاك الطازج. وعلى الرغم من إمكانية تربية أصناف غنية فى كل من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، إلا أن ذلك يصاحب بانخفاض فى المحصول، لأن قدرة النبات على إنتاج المادة الصلبة محدودة، وذلك أمر غير مقبول فى أصناف التصنيع التى ينبغى أن يكون محصولها عاليًا حتى تنخفض أسعار الطماطم الموَّردة للمصانع، وتنخفض بذلك تكاليف المنتجات المصنعة، فتكون منافسة للطماطم الطازجة (عن Stevens ١٩٧٩).

وتكون ثمار جميع الأصناف صلبة وهى خضراء، ثم يبدأ ظهور الاختلافات بينها فى الصلابة أثناء نضجها، وتزداد الاختلافات تدريجيًّا حتى وصولها إلى طور النضج الأحمر التام.

وتفقد الثمار صلابتها أثناء نضجها بفعل التغيرات الإنزيمية التالية فى المركبات البكتينية:

١- تلتصق خلايا الثمار غير الناضجة بشدة بواسطة مادة البروتوبكتين protopectin التى تتوفر فيها، وخاصة فى الصفيحة الوسطى.

٢- يتحول البروتوبكتين إنزيميًّا أثناء نضج الثمار إلى بكتين Pectin بفعل إنزيم بروتوبكتينيز Protopectinase. ويعتبر البكتين أقل قدرة على لصق الخلايا من البروتوبكتين.

٣- يتحول البكتين إنزيميًّا مع استمرار نضج الثمار إلى مركبات أخرى، مثل: الأحماض البكتينية Pectic Acids بفعل إنزيمات البكتينيز Pectinase، وبولى جالاكتيورونيز Polygalacturonase، وبكتين — مثيل إستريز Pectin-methyl esterase.

ويرجَّح أن تحلل المواد البكتينية يضعف الشبكة المعقدة للمركبات العديدة التسكر فى الجدر الخلوية، مما يؤدى إلى ضعف الاتصال بين الخلايا وفقد الصلابة بالتالى (Hamason ١٩٥٢، وGould ١٩٧٤). وتحدث هذه التغيرات فى المواد البكتينية فى جميع الأصناف سواء أكانت صلبة، أم غير صلبة (Malis-Arad وآخرون ١٩٨٣).

ويرجع التفاوت بين الأصناف فى سرعة فقد الثمار لصلابتها إلى ما تحمله من جينات توقف أو تُبطئ تلك التحولات الإنزيمية، مثل جين عدم النضج (nor) وجين (rin)، وجين لا تنضج أبدًا (Nr)، وجين ألكوباكا (alc) وغيرهم حيث بلغت حوالى ٢٥ جين تم اكتشافها (عن Redenbaugh & Hiatt ١٩٩٣، و Kramer & Redenbaugh ١٩٩٤) وهى جينات تدخل فى إنتاج بعض الهجن، وتؤدى إلى عدم فقد الثمار لصلابتها.

كما جرت محاولات لزيادة صلابة ثمار الطماطم بتحويلها وراثيًّا — بطريق الهندسة الوراثية — ببعض الجينات التى توقف أو تُبطئ تحلل المركبات البكتينية (مثل الجين المسئول عن تمثيل الإنزيم بولى جالاكتيرونين)، والجين المسئول عن تثبيط إنتاج الإثيلين (مثل الجين المسئول عن تمثيل الإنزيم ACC-deaminase).

ويُبين جدول (٣-٢) بعض صفات جودة ثمار الطماطم، والخصائص المؤثرة فيها، والجينات التى تتحكم فى تلك الخصائص، وتشمل تلك المؤثرة فى الصلابة وسرعة فقد الثمار لصلابتها.

جدول (٣-٢): بعض الجينات التى عُزِلت من الطماطم والتى تتحكم فى بعض خصائص الجودة فيها (Madhavi & Salunkhe ١٩٩٨).

الصفة	الخصائص المؤثرة فيها	الجينات التى تتحكم فيها (الإنزيمات)
لزوجة العصير	تركيب الجدر الخلوية	Polygalacturonase & Pectinesterase
خصائص التداول	تركيب الجدر الخلوية	Polygalacturonase & Pectinesterase
	معدل النضج	Ethylene synthase, Ethylene oxidase
المواد الصلبة الذائبة	السكريات	Invertase
	البكتينات	Polygalacturonase & Pectinesterase
اللون	الليكوبين	Phytoene synthase
الطعم	نسبة السكريات إلى الأحماض	Invertose

ويُعد الحصاد فى المرحلة المناسبة من النضج، والمعاملات المناسبة بعد الحصاد — كما سيأتى بيانه فى الفصل الأخير من الكتاب — أفضل الوسائل للمحافظة على صلابة الثمار، كى تصل إلى المستهلك بحالة جيدة من الصلابة.

نكهة الثمار

المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة

بداية .. فإن نكهة الثمار تتحدد بمحتواها من المركبات المتطايرة volatile substances

التى تكسبها نكهتها المميزة. ويُعد محتوى الثمار من تلك المركبات من الصفات الوراثية التى تختلف من صنف لآخر، ولا مجال للتحكم فيها بالمعاملات الزراعية. هذا.. إلاّ أن تركيز تلك المركبات يتغير أثناء نضج الثمار؛ فينخفض بعضها أثناء النضج، مثل الـ eugenol، و 1-penten-3-one، ويزداد بعضها الآخر مع تقدم النضج، مثل الـ cis-3-hexenel، و cis-3-hexenol، و 2-isobutylthiazole، و trans-2-hexenal؛ حيث يصل أقصى تركيز لها خلال مراحل بداية التلوين، والتلون الوردى، والتلون الأحمر للثمار. ويختلف محتوى ثمار الأصناف ذات المحتوى المرتفع من البيتاكاروتين (مثل كارو رد)، والدلتاكاروتين (مثل جولد جوبولى) اختلافًا واضحًا فى المركبات المتطايرة عن محتوى ثمار أصناف الطماطم الحمراء (Grierson & Kader ١٩٨٦، و Baldwin وآخرون ١٩٩١، و Buttery وآخرون ١٩٩٤).

فإلى جانب أهمية الكاروتينات (وخاصة الليكوبين والبيتاكاروتين) فى إضفاء صفات اللون والقيمة الغذائية لثمار الطماطم، فإنها تُعد مواد بادئة لبعض المركبات المتطايرة الهامة المسئولة عن النكهة المرغوبة، مثل: الـ β-ionone، والـ geranylacetone، والـ 6-methyl-5-hepten-2-one (Vogel وآخرون ٢٠١٠).

إن ثمار الطماطم تحتوى على المئات من المركبات المتطايرة، ولكن تلك التى تُكسبها نكهتها المميزة قليلة، ومنها — إلى جانب تلك التى أسلفنا ذكرها — كلاً من:

furaneol | β-ionone
eugenol | linalool
geranylacetone | acetaldehyde
hexanol

(Baldwin وآخرون ١٩٩١، و Buttery وآخرون ١٩٩٤).

وقد اقتُرِحَ أن خلطة من تسعة مركبات يمكن عند تواجدها بنسب معينة إعطاء النكهة المميز للطماطم، وتلك المركبات هى:

cis-3-hexenal

hexanal

1-penten-3-one

3-methylbutanal

trans-2-hexenal

6-methyl-5-hepten-2-one

methyl silicylate

2-isobutylthiazole

β-ionone

ومن بين تلك المركبات فإن لكل من cis-3-hexenal، و β -ionone وزنًا أكبر فى تحديد نكهة الطماطم المميزة، كما أن الطماطم تنفرد بالمركب 2-isobutylthiazole. كذلك يبدو أن للمركب furaneol أهمية فى تحديد نكهة الطماطم (Baldwin ٢٠٠٤).

التغيرات فى تركيز المركبات المتطايرة مع النضج

فى محاولة للتعرف على التغيرات التى تحدث فى تركيز بعض المركبات المتطايرة الهامة أثناء نضج الثمار، توصل Baldwin وآخرون (١٩٩١) إلى ما يلى:

١- انخفض تركيز كل من الـ eugenol، و 1-penten-3-one أثناء نضج الثمار.

٢- لم يتغير تركيز كل من الـ ethanol، و trans-2-trans-decadienal، أو تقلب تركيزهما بين الارتفاع والانخفاض أثناء نضج الثمار.

٣- مع تقدم الثمار فى النضج، ازداد تركيز كل من المركبات التالية:

acetaldehyde	cis-3-hexenol
trans-2-hexenal	cis-3-hexenal
6-methy-5-hepten-2-one	hexenal acctone
2-isobutylthiazole	geranylacetone

وقد بلغ تركيز هذه المركبات أعلى معدل لها أثناء مراحل بداية التلوين، والتلون الوردى، والتلون الأحمر للثمار.

تنوع المركبات المتطايرة التى أمكن التعرف عليها

لقد أمكن التعرف على حوالى ٤٠٠ مركبٍ قابلٍ للتطاير Volatile Compounds فى عصير الطماطم، منها نسبة عالية من الألدهيدات، والكيتونات، والكحولات، وبعض الإسترات. ومع كثرة تلك المركبات، لم يرتبط منها بالنكهة المميزة للثمار سوى عدد قليل.

وتبعًا لـ McGlasson وآخرين (١٩٨٧)، أمكن التعرف على ٦٩ مركبًا متطايرًا فى ثمار صنف الطماطم رتجرز Rutgers، بينما لم يمكن التعرف إلا على ٤٦ مركبًا — فقط– منها فى طفرة الطماطم rin، أو nor، أو فى كلتيهما. ولم يوجد بثمار الطفرتين ١٥ مركبًا متطايرًا صنفت على أنها ذات رائحة متوسطة إلى قوية. وبينما وجدت بعض المركبات بتركيزات أعلى فى الطفرتين عما فى رتجرز، مثل المركب guaiacol، فإن مركبات أخرى قليلة ذات رائحة قوية (يعتقد بأنها المسئولة عن النكهة المميزة للطماطم) وجدت فى كلٍ من رتجرز، وإحدى الطفرتين، أو كلتيهما، وهى:

linalool	hex-2-enal
methyl salicyate	phenylacetaldehyde
eugenol	2-phenylethanol

كما أمكن عزل ٥٤ مركبًا متطايرًا من ثمار أربعة من أصناف وسلالات الطماطم، ودرست علاقة تلك المركبات – كلٍ على حدة – بالنكهة والطعم المميزين للطماطم، ووجد ما يلى:

١- كانت أكثر المركبات المتطايرة ارتباطًا بنكهة الثمار بعد التخفيف لأكثر من ١٠٠٠/١) كلاًّ من الـ (Z)-3-hexenal، والـ hexanal، والـ 1-octen-3-one.

٢- وجدت ارتباطات موجبة جوهرية بين أفضلية الطعم وخصائص الطعم الـ "sweet" والـ "fruity".

٣- ارتبط الطعم الـ sweet بالمركب المتطاير (Z)-3-hexenal.

٤- ارتبط الطعم الـ sweet والـ fruity – كذلك- إيجابيًّا بكل من: الـ 1-penten-3-one، والـ 1-octen-3-one، والـ (E,E)-2,4-hexadienal.

٥- كان الطعم مرًّا فى السلالة LYC1045/90، وأُرجع ذلك إلى محتواها من الـ β-phellandrene (Krumbein & Auerswald ١٩٩٨).

ويُبين جدول (٣-٣) مزيدًا من التفاصيل حول المركبات المتطايرة التى توجد فى الطماطم الطازجة، وتركيزاتها، وأهميتها.

جدول (٣-٣): المركبات المتطايرة التى توجد فى الطماطم الطازجة بتركيز لا يقل عن ١ نانوليتر/لتر، وحدّ التخفيف فى الماء الذى تستمر معه القدرة على شمها (حدّ الرائحة odor threshold)، ولوغاريتم وحدات الرائحة log oder units (لوغاريتم نسبة تركيز المركب فى الطماطم إلى حدّ رائحته) (Baldwin وآخرون ٢٠٠٠)

المركب المتطاير	التركيز (n L. L⁻¹)	Odor threshold حد الرائحة (n L.L¹)	Log odor Units
Cis-3-Hexenal	12,000	0.25	3.7
β-ionone	4	0.007	2.8
Hexanal	3,100	4.5	2.8
β-Damascenone	1	0.002	2.7
1-Penten-3-one	520	1	2.7

يتبع

تابع : جدول (٣–٣)

المركب المتطاير	التركيز (n L. L^{-1})	Odor threshold حد الرائحة (n L.L^{-1})	Log odor units
2+3-Methylbutatanal	27	0.2	2.1
Trans-2-Hexenal	270	17	1.2
2-Isobutylthiazole	36	3.5	1.0
1-nitro-2-Phenylethane	17	2	0.9
trans-2-Heptenal	60	13	0.7
Phenylacetaldehyde	15	4	0.6
6-Methyl-5-hepten-2-	130	50	0.4
cis-3-Hexenol	150	70	0.3
2-Phenylethanol	1,900	1,000	0.3
3-Methylbutanol	380	250	0.2
Methyl salicylate	48	40	0.08
Geranylacetone	57	60	- 0.02
β-Cyclocitral	3	5	- 0.2
1-Nitro-3-methyl-	59	150	- 0.4
Geranial	12	32	- 0.4
Linalool	2	6	-0.5
1-Penten-3-ol	110	400	-0.6
Trans-2-Pentenal	140	1,500	-1.0
Neral	2	30	-1.2
Pentanol	120	4,000	-1.5
Pseudoionone	10	800	-1.9
Isobutyl cyanide	13	1,000	-1.9
Hexanol	7	500	-1.9
Epoxy-β-ionone	1	100	-2.0

طعم الثمار

إن طعم الثمار يتحدد بعوامل كثيرة من أهمها: محتوى الثمار من السكريات الذائبة ونوعياتها، والمادة الجافة، وهى — إلى جانب كونها صفات وراثية — فإنها تتأثر بدرجة عالية بكل من العوامل البيئية وعمليات الخدمة الزراعية. ويتحدد الطعم — كذلك — بالحموضة المعايرة لعصير الثمرة، وبنسبة السكريات إلى الأحماض، وكذلك بالرقم الأيدروجينى (الـ pH) للعصير.

يرتبط "طعم الطماطم" إيجابيًّا بمحتوى ثمار الطماطم من الجلوكوز والسكريات المختزلة، وسلبيًّا بمحتواها من حامض الجلوتامك (Bucheli وآخرون ١٩٩٩).

المواد الصلبة الذائبة الكلية

إمدادات الغذاء للثمار وفواقده

يتم إمداد كل عنقود ثمرى بالغذاء المجهز من الأوراق المجاورة له، ويتوقف مدى نشاط هذه الأوراق فى تصنيع الغذاء على التغيرات النسبية التى تحدث فى مدى قوة العنقود الثمرى على اجتذاب الغذاء المجهز إليه. وبينما يجذب العنقود الثمرى إليه معظم الغذاء الذى يجهز فى الورقة التى تقع أسفله مباشرة، فإن العنقود يتلقى نسبة أقل من الغذاء الذى يُصَنَّع فى الورقة التى تقع أعلى منه مباشرة، وربما يكون مرد ذلك إلى إسهام الورقة العليا فى إمداد القمة النامية للنبات — كذلك — بالغذاء المجهز، كما أن اتصالها الوعائى بالعنقود الذى يقع أسفل منها يكون ضعيفًا نسبيًّا (Kanahama ١٩٩٤).

كذلك فإن ثمار الطماطم الخضراء تحتوى على كلوروفيل وتقوم بعملية البناء الضوئى، ولكن معدل تثبيت الكربون فيها — حتى تحت ظروف التشبع الضوئى — يبقى فى حدود ٠,٠٦٤ ملليجرامًا من ثانى أكسيد الكربون لكل جرام من الوزن الطازج للثمرة فى الساعة فى الثمار الصغيرة جدًّا، بينما لا يحدث أى تثبيت يمكن ملاحظته

فى الثمار الأكبر. ولا يتعدى مجمل ما تثبته الثمار من الكربون أكثر من ١٠٪–١٥٪ مما يتراكم فيها من العنصر.

أما معدل تنفس الثمار فإنه ينخفض من ٠,٤–٠,٦ ملليجرامًا من ثانى أكسيد الكربون لكل جرام من الوزن الطازج للثمرة فى الساعة فى الثمار التى يبلغ عمرها أسبوعين، إلى نحو ٠,٠٥–٠,٠٧ ملليجرامًا فى الثمار الخضراء المكتملة النمو، ثم يتضاعف هذا الحد الأدنى لمعدل التنفس أثناء الكلايمكترك خلال مرحلة التلون البرتقالى.

وعمومًا.. نجد أن الثمرة تفقد بالتنفس حوالى ٧ مجم من الكربون يوميًّا عندما تبلغ نحو ٢٠٪ من حجمها النهائى، ويشكل ذلك نحو ٥٪ من كمية الكربون التى تنتقل إليها حينئذٍ، وتزداد الكمية المفقودة بالتنفس إلى ٢٠ مجم من الكربون يوميًّا عندما تبلغ الثمرة نحو ٩٠٪ من حجمها النهائى، حيث يشكل الفقد حينئذٍ نحو ٢٥٪ من الكربون الذى ينتقل إليها (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

تطور نسبة المادة الجافة فى الثمرة ومكوناتها

تشكل المادة الجافة حوالى ١٧٪ من وزن مبيض الزهرة قبل الإخصاب. ومع بداية نمو الثمرة.. تنخفض نسبة المادة الجافة سريعًا إلى أن تصل إلى أقل من ١٠٪ فى اليوم العاشر بعد الإخصاب، ثم إلى ٥٪–٧٪ فى اليوم العشرين، ثم تبقى نسبة المادة الجافة ثابتة بعد ذلك عند هذا المستوى إلى حين النضج. هذا إلا أن نسبة الكربون من المادة الجافة يبقى ثابتًا عند حوالى ٣٩٪ خلال مختلف مراحل نمو الثمرة.

وبالنسبة لمحتوى الثمرة من العناصر المعدنية فإن البوتاسيوم، والنيتروجين، والفوسفور يشكلون — معًا — أكثر من ٩٠٪ من محتوى الثمرة الكلى منها. وأثناء نمو الثمرة تنخفض نسبة النيتروجين من ٣٪ إلى ٢٪ من المادة الجافة، وتنخفض نسبة الفوسفور من ٠,٦٪ إلى ٠,٤٪، بينما تبقى نسبة البوتاسيوم ثابتة عند حوالى ٣٪–٤٪.

وتشكل السكريات – وخاصة الجلوكوز والفراكتوز – حوالى نصف محتوى الثمرة من المادة الجافة، أو نحو ٦٥٪ من محتوى الثمرة الناضجة من المواد الصلبة الذائبة الكلية. ويتراوح محتوى السكريات بين ١,٧٪ و٩٪ من الوزن الطازج للثمرة، بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين ٤٪ و٩٪ من الوزن الطازج حسب الصنف.

وبمجرد بدء الثمرة فى النمو يزداد محتواها من السكريات المختزلة من ٠,١٪ من الوزن الطازج للمبيض إلى ٢٪ من الوزن الطازج للثمرة فى خلال أسبوعين، ثم إلى ٣,٥٪ بعد ذلك وإلى حين النضج. وتكون نسبة السكريات أعلى فى الجدر الثمرية عنها فى مساكن الثمرة.

يُشكِّل السكروز ١٪ فقط من المادة الجافة، ويتراوح مداه من ٠,١٪ إلى ٠,٢٪ من الوزن الطازج للثمرة، ولكن أيض السكروز أيض هام أيضًا لنمو الثمرة. ونجد أن محتوى الثمرة من السكريات المختزلة والنشا ينخفض سريعًا بعد التلقيح مباشرة، وينخفض محتوى السكروز – خاصة – من ١٪ من الوزن الطازج للمبيض إلى ٠,٢٪ من الوزن الطازج للثمرة فى خلال ٨ أيام. ويبقى محتوى الثمرة من السكروز منخفضًا خلال مختلف مراحل نموها، على الرغم من كونه الصورة التى ينتقل عليها معظم الغذاء المجهز إلى الثمرة. ونظرًا لأن معدل انتقال الغذاء المجهز إلى الثمرة يتناسب عكسيًّا مع تركيز السكروز؛ لذا.. فإن تحول السكروز إلى سكريات أخرى – أولاً بأول – يعد عاملاً هامًا لتنظيم انتقال الغذاء المجهز إلى الثمرة.

ولمعدل تراكم النشاء أثناء فترة النمو النشط للثمرة أهمية كبيرة فى تحديد المحتوى النهائى للثمرة من المواد الصلبة الذائبة الكلية. ويصل معدل تراكم النشا إلى أقصى مداه بعد نحو ٢٠ يومًا من تفتح الزهرة، حيث يشكل النشا – حينئذٍ– حوالى ٣٠٪ من المادة الجافة المتراكمة يوميًّا، ثم تنخفض النسبة إلى ٢٠٪ يوميًّا ما بين اليوم الخامس والعشرين واليوم الثلاثين من تفتح الزهرة. ويكون تراكم النشا بمعدل أكبر فى المساكن الثمرية عنه

فى الجدر الثمرية. ويبدأ النشا فى التحول إلى سكريات مختزلة حينما تصل الثمرة إلى أقصى نمو لها، ويكون ذلك فى مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء mature green stage، ويكون محتواها من النشا — حينئذٍ — ١٪ من المادة الجافة، أو نحو ٠,٠٣٪ من وزنها الطازج. ويتبين مما تقدم السبب فى العلاقة القوية التى تشاهد بين نسبة النشا فى الثمار الخضراء مكتملة النمو، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار الناضجة.

وتزداد الأحماض العضوية — كنسبة مئوية من الوزن الطازج للثمرة — أثناء نمو الثمار، حيث تشكل حوالى ١٣٪ من المادة الجافة. وفى البداية يكون حامض الماليك هو الحامض السائد، بينما لا يشكل حامض الستريك سوى ٢٥٪ من الحموضة الكلية، ولكن تنعكس الصورة فى الثمار الناضجة حيث يبلغ تركيز حامض الستريك أكثر من ضعف تركيز حامض الماليك (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

وبينما يبلغ تركيز الأحماض العضوية فى المساكن حوالى ضعف تركيزها فى الجدر الثمرية، فإن تركيز السكريات (الجلوكوز والفراكتوز أساسًا) يبقى ثابتًا بين المساكن والجدر الثمرية (Ootake وآخرون ١٩٩٤).

وتجدر الإشارة إلى أن محتوى الثمار من النشا — الذى ينتقل إليها من الأوراق — يزداد فى المراحل المبكرة من تكوين الثمار ولكنه ينخفض تدريجيًّا أثناء نضج الثمرة، إلى أن يصل إلى الصفر عند اكتمال النضج، بسبب تحوله إلى سكريات (عن Young وآخرين ١٩٩٣).

وترجع أهمية محتوى ثمار الطماطم من المواد الصلبة الكلية والمواد الصلبة الذائبة إلى كونها العامل رقم واحد فى الأهمية بالنسبة لطماطم التصنيع، حيث تؤدى أى زيادة فيهما — مهما قلَّت — إلى زيادة محصول المنتج المُصنَّع، مع خفض تكاليف عملية التركيز التى تجرى بهدف التخلص من الرطوبة الزائدة عند إنتاج منتجات الطماطم المُصنَّعة مثل العصائر، والكاتشب، والصلصة (المعجون).

نوعيات المواد الصلبة الذائبة

تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى أصناف الطماطم التجارية بين ٣٪ و٧٪. بينما تبلغ نسبة المواد الصلبة غير الذائبة نحو ١٪، وهى تتكون من البذور وجلد الثمرة.

وتتراوح نسبة السكريات الكلية فى ثمرة الطماطم من ٢,١٩٪ إلى ٣,٥٥٪ على أساس الوزن الطازج. وتشكل السكريات المختزلة نحو ٥٠٪ إلى ٦٠٪ من المواد الصلبة الذائبة الكلية، وهى تتكون من الجلوكوز والفراكتوز. ويوجد الفراكتوز دائمًا بكميات أكبر من الجلوكوز. ويوجد السكروز أيضًا فى ثمار الطماطم، إلاّ أن نسبته نادرًا ما تزيد عن ٠,١٪ من الوزن الطازج فى الأصناف التجارية. وتحتوى الثمار الخضراء على نسبة منخفضة من النشا، ويزداد انخفاضها تدريجيًّا إلى أن تصل إلى الصفر فى الثمار الناضجة (عن Gould ١٩٧٤). وقد وجدت علاقة موجبة بين نسبة النشا فى الثمار الخضراء، ونسبة المواد الصلبة الذائبة فى الثمار الناضجة (Dinar & Stevens ١٩٨١).

أما باقى مكونات الثمرة، فإنها تُقدَّر على أساس الوزن الطازج كما يلى:

الأحماض: ٠,٣٪ – ٠,٥٪.

البروتينات الذائبة والأحماض الأمينية: ٠,٨٪ – ١,٢٪

العناصر المعدنية: ٠,٣٪ – ٠,٦٪.

كلوريد الصوديوم: ٠,٠٥٪ – ٠,١٪

ويبين جدول (٣–٤) تفاصيل مكونات ثمرة الطماطم من مختلف المواد الصلبة الذائبة.

العوامل المؤثرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة

تتأثر نسبة المواد الصلبة الذائبة بعدد من العوامل، كما يلى:

١– يتناسب محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية عكسيًّا مع المحصول فى الصنف الواحد وفى الأصناف المختلفة، ويبلغ معامل الارتباط بينهما –٠,٩٤٧؛ ويعنى ذلك أن العوامل المؤدية إلى زيادة المحصول – مثل توفر الرطوبة الأرضية – هى نفسها المؤدية فى الوقت ذاته إلى نقص نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية.

جدول (٣-٤): تفاصيل مكونات ثمرة الطماطم على أساس الوزن الجاف (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

المركب أو المادة	النسبة المئوية
السكريات	
الجلوكوز	٢٢
الفراكتوز	٢٥
السكروز	١
المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول	
البروتين	٨
المواد البكتينية	٧
الهيميسيليلوز	٤
السيليلوز	٦
الأحماض العضوية	
حامض الستريك	٩
حامض الماليك	٤
العناصر	
(تتكون أساسًا من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور)	٨
مركبات أخرى	
الدهون	٢
الأحماض الأمينية ثنائية الكربوكسيل Dicarboxylic amino acids	٢
الصبغات	٠,٤
حامض الأسكوربيك	٠,٥
المركبات القابلة للتطاير Volatiles	٠,١
أحماض أمينية أخرى وفيتامينات وبولى فينولات	١,٠

٢- ترتبط نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية سلبيًّا مع معامل الحصاد Harvest Index، وإيجابيًّا مع المساحة الكلية لأوراق النبات (Hewitt & Stevens ١٩٨١)، وسرعة انتقال المواد الغذائية المصنعة من الأوراق إلى الثمار، ومدى جذب الثمار لها، ومدى قدرة الثمار على تمثيل الكربون (عن Young وآخرين ١٩٩٣).

٣- نسبة الثمار إلى النمو الخضرى:

وجد أن محتوى ثمار الطماطم لم يتغير بين الثمار القاعدية والقمية على الساق، ولكنه اعتمد — جوهريًّا — على نسبة الثمار إلى الأوراق؛ فعندما كان التنافس مع الثمار النامية ضعيفًا كانت الثمار أعلى فى محتواها من السكر والأحماض والمواد الكاروتينية، وإن لم تكن — جوهريًّا — أكبر حجمًا (Bertin وآخرون ٢٠٠١).

٤- الحرارة والضوء:

تُناسب الحرارة المعتدلة، والإضاءة القوية، والفترة الضوئية الطويلة زيادة معدل البناء الضوئى؛ مما يؤدى إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة. ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة مع بقاء الإضاءة على ما هى عليه إلى زيادة استهلاك الغذاء المجهز فى التنفس؛ الأمر الذى ينعكس سلبيًّا على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

وتتأثر نسبة السكر بشدة وترتبط بالإشعاع الشمسى؛ فتزيد بزيادته خلال شهور الصيف، وتقل بنقصه خلال شهور الشتاء.

ولقد وُجد فى فلوريدا أن ثمار الطماطم التى تُحصد فى شهر ديسمبر يزداد فيها الإحساس بالأحماض والحموضة ويقل فيها الإحساس بالسكريات والحلاوة، وبالتالى تكون أقل جودة من حيث الطعم مقارنة بتلك التى تُحصد فى يونيو، بينما تكون الثمار التى تحصد فى مارس وسطًا بينهما (Baldwin وآخرون ٢٠١٥).

٥- الرطوبة الأرضية:

تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى زيادة المحصول؛ الأمر الذى ينعكس سلبيًّا على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار، إلا أن الأصناف تختلف فى مدى تأثرها بالرطوبة الأرضية. ويجب توقيت موعد الريّات الأخيرة دائمًا، بحيث لا تؤثر سلبيًّا على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية.

ولقد أدى تجفيف التربة جزئيًّا، والرى غير الكافى إلى خفض كمية المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٥٢٪، و٥٦٪، على التوالى، وكان مرد هذا الانخفاض فى المحصول إلى حدوث نقص فى متوسط وزن الثمرة، وليس لانخفاض فى عدد الثمار بالنبات. هذا فى الوقت الذى حسَّن فيه خفض الرطوبة الأرضية كلاًّ من محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة، والرقم الأيدروجينى للعصير، ولكن دون التأثير على أى من تركيز الليكوبين أو لون الثمار (Casa & Rouphael ٢٠١٤).

٦- ملوحة التربة ومياه الرى:

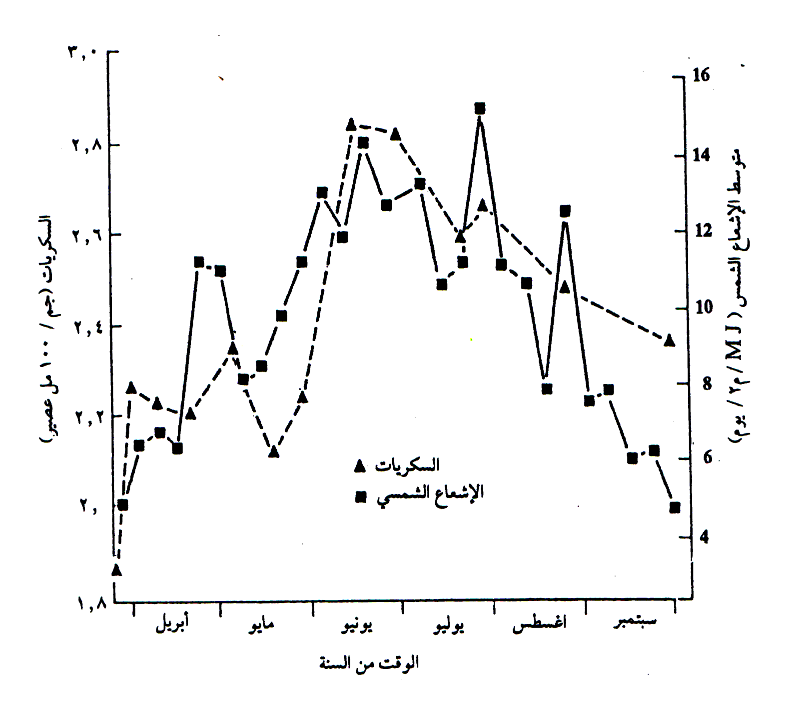
تؤدى زيادة ملوحة التربة أو مياه الرى إلى نقص محصول الثمار ونقص فى حجمها، مع تحسُّن فى طعمها، وزيادة فى كل من محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات المختزلة (الجلوكوز والفراكتوز)، وزيادة فى حموضتها المعايرَة، ونقص فى رقمها الأيدروجينى (الـ pH)، وزيادة فى محتوى الجدار الثمرى الخارجى من مختلف الصبغات (أى يتحسن لونها)، مع زيادة فى سرعة نضج الثمار وزيادة إنتاجها للإثيلين، وزيادة فى نشاط الإنزيمات المحللة للمركبات البكتينية (التى تؤدى إلى سرعة فقد الثمار لصلابتها). وفى الوقت ذاته يزداد محتوى الثمار من الصوديوم والكلور وينخفض محتواها من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم (Mizrahi ١٩٨٢).

وباستثناء ضعف قدرة الثمار على التخزين فى التركيز المرتفع لملح الطعام (٦٠٠٠ جزء فى المليون) فإن جميع التغيرات الأخرى فى الصفات الثمرية — والتى أسلفنا بيانها — هى تغيرات مرغوب فيها. هذا إلا أن هذه التغيرات تكون مصحوبة بنقص فى المحصول إذا تعرضت النباتات للملوحة العالية قبل أن تقترب الثمار من مرحلة اكتمال نموها. ويمكن التغلب على مشكلة نقص المحصول تلك، وكذلك صغر حجم الثمار إذا ما أُعطيت النباتات معاملة الملوحة فى مرحلة متأخرة من نموها، بعد أن يتكون بها عدد

كبير من الثمار، وحتى بعد أن تصل بعض الثمار إلى مرحلة اكتمال نموها؛ فلقد أحدث رى نباتات الطماطم بمياه ذات تركيز معتدل من الأملاح (EC = ٣,٠ مللى موز/سم) بداية من المراحل المتأخرة للنمو (عند وصول أول ثمرة إلى طور بداية التلوين) تحسُّنًا جوهريًّا فى صفات الثمار دون التأثير جوهريًّا على المحصول (Mizrahi وآخرون ١٩٨٨).

٧- مرحلة النضج:

تُزداد نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بازدياد نضج الثمار، وخاصة بداية من ظهور اللون الأصفر فى الجدر الثمرية، ومع زيادة شدة الإشعاع الشمسى (شكل ٣-١).



شكل (٣-١): العلاقة بين شدة الأشعة الشمسية، ونسبة السكر فى الثمار والتغيرات فيهما خلال الفترة من مارس إلى سبتمبر فى المملكة المتحدة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

٨- التحليق الجزئى للساق:

أدى لف سلك حول قاعدة ساق نبات الطماطم بين الورقة الفلقية والورقة الحقيقية الأولى إلى زيادة قُطر ساق النبات أعلى السلك فى خلال ١١ يومًا من المعاملة، وأصبحت الساق أقل استطالة، وانخفض وزن النموين الخضرى والجذرى بنسبة ٥٨٪، و٣٢٪، على التوالى، وانخفض المحصول الصالح للتسويق الذى جُمع من العناقيد الثلاثة الأولى بنسبة ٤٩٪ إلى ٨٩٪. وفى المقابل .. ازداد تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار بنسبة ١١٦٪ - ١٢٠٪، والسكروز بنسبة ٢٦٣٪ - ٤٨٣٪، والفراكتوز والجلوكوز بنسبة ١٣٥٪- ١٥٥٪ (Takahata & Miura ٢٠١٤).

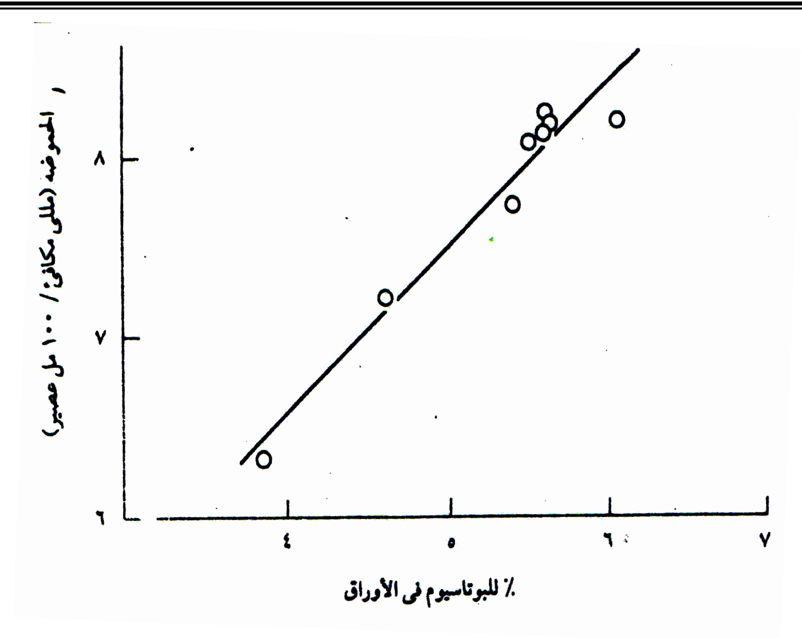
الحموضة المعايرة

تتأثر الحموضة المعايرة بمحتوى الثمار من الأحماض العضوية التى من أهمها حامض الستريك، ويليه فى الأهمية حامض الماليك، بينما توجد الأحماض العضوية الأخرى بتركيزات منخفضة جدًّا لا يكون لها تأثير فى تقدير الحموضة المعايرَة. وعلى الرغم من غنى الطماطم بحامض الأسكوربيك (فيتامين ج) فإن تأثيره على الحموضة المعايرة ضعيف.

وتعتبر شدة الإضاءة من العوامل الهامة المؤثرة على تركيز حامض الستريك الذى يزداد عند ضعف شدة الإضاءة، فى الوقت الذى ينخفض فيه تركيز السكريات المختزلة عند تظليل النباتات (Yanagi وآخرون ١٩٩٥).

وتتأثر الحموضة المعايرة بدرجة نضج الثمار، فتزداد تدريجيًّا مع النضج إلى أن تصل إلى أعلى مستوى لها عند بدء التلوين، ثم تقل تدريجيًّا بعد ذلك حتى تصل إلى أقل مستوى لها فى الثمار زائدة النضج (Stevens ١٩٧٢).

وتتأثر حموضة ثمار الطماطم بالتسميد البوتاسى (شكل ٣-٢)؛ حيث وجدت علاقة طردية مباشرة بين تركيز البوتاسيوم فى الأوراق، والحموضة المعايرة فى الثمار (عن Adams ١٩٨٦).



شكل (٣-٢): العلاقة بين تركيز البوتاسيوم فى الأوراق، والحموضة المعايرة فى الثمار.

ومع أن الطماطم تعد من الخضر الغنية بحامض الأسكوربيك ascorbic acid (فيتامين ج)، حيث يوجد بتركيز يتراوح من ١٠-٣٥ ملليجرام٪، إلا أن تأثيره على الحموضة المعايرة ضعيف (Stevens & Long ١٩٧١).

ويُبين جدول (٣-٥): تركيز الأحماض العضوية المختلفة فى عصير الطماطم الطازج.

جدول (٣-٥): تركيز الأحماض العضوية المختلفة فى عصير الطماطم الطازج (عن Gould ١٩٧٤)

الحامض	التركيز (مللى مكافئ/لتر)
ستريك citric	٦٠,٩٢
ماليك malic	٣,٧٢
لاكتيك lactic	١,٣٧
الفاكيتوجلوتورك alpha-ketoglutoric	١,١٠
أسيتيك acetic	١,٠٦
بيروليدون - كاربو كسيلك pyrolidone-carboxylic	٠,٨١
صكِّنك succinic	٠,٦٠
أحماض عضوية غير معروفة	٠,١٧

هذا.. ويزداد محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك فى طرف الثمرة المتصل بالساق عنه فى وسط الثمرة، أو فى طرفها الزهرى، وذلك بسبب أن الطرف المتصل بالساق يكون أكثر تعرضًا للضوء – عادة – علمًا بأن تركيز الحامض يزداد فى الإضاءة القوية عنه فى الإضاءة الضعيفة.

وتأكيدًا لأهمية الضوء على محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك.. وجد Yanagi وآخرون (١٩٩٥) أن تظليل نباتات الطماطم بنسب تراوحت بين ٢٥٪، و٨٠٪ أدى إلى نقص تدريجى فى محتوى ثمارها من حامض الأسكوربيك.

ولهذا السبب نجد أن تركيز الفيتامين يزداد فى العروات التى يسودها نهارٌ طويل، وإضاءة قوية أثناء نضج الثمار، كما يقل تركيزه عند زيادة التسميد الآزوتى المسبب لزيادة النمو الخضرى، وتغطيته للثمار. ويكون تركيز الحامض أعلى فى الثمار مكتملة النمو الخضراء والناضجة الحمراء.

وقد وجد أن الحموضة المعتدلة لوسط الزراعة قد تُسهم فى تراكم حامض الأسكوربيك فى الطماطم (Hou وآخرون ٢٠١٥).

الرقم الأيدروجينى (الـ pH)

يُعد الـ pH دليلاً أفضل للحموضة المعايرة. ويجب أن يكون pH العصير أقل من ٤,٤، وذلك لتجنب المشاكل التى تُحدثها الكائنات المحبة للحرارة thermophylic organismis، لأن ارتفاع رقم الـ pH عن ذلك يتطلب زيادة درجة حرارة التعقيم، وزيادة مدته للتخلص من هذه الكائنات، ويترتب على ذلك خفض نوعية المنتج المُصنَّع، وزيادة تكاليفه (عن Stevens ١٩٧٢). وقد ثبت أن البكتيريا *Clostridium botulinum* المسببة للتسمم البوتشيلينى يمكنها النمو، وإنتاج السموم فى الأغذية التى يكون حموضتها ٤,٨، أو أعلى، بما فى ذلك منتجات الطماطم.

ويتأثر رقم الحموضة فى عصير الطماطم بالعوامل التالية:

١- يبلغ رقم الحموضة أقل مستوى له عند بدء تلوين الثمار، ويزداد تدريجيًّا مع النضج إلى أن يصل إلى أقصى مستوى له فى الثمار زائدة النضج.

٢- ينخفض الـ pH فى حالة موت النموات الخضرية قبل الحصاد.

٣- ينخفض الـ pH فى حالة إصابة الثمار بفطر الالترناريا Alternaria، أو بالأنثراكنوز Anthracnose.

ولا يبدو أن الـ pH يتأثر كثيرًا بالعوامل البيئية والزراعية، أو بالتسميد كما تتأثر الحموضة المعايرة، كما لم يلاحظ أى ارتباط يذكر بين الـ pH، والحموضة المعايرة (Sapers وآخرون ١٩٧٨).

ووجدت علاقة خطية بين الحرارة — بداية من تفتح الزهرة حتى الحصاد فى الطماطم — و pH الثمار، بينما لم تكن للمعاملة بالإثيفون أى تأثير فى هذا الشأن (Renquist وآخرون ٢٠٠١).

ولقد قام Sapers وآخرون (١٩٧٧) بدراسة موسعة على ثمار ٣٥٦ صنفًا، و٢١٢ سلالة تربية جمعت من ٥٧ منطقة فى ٢٣ ولاية أمريكية. وقد وجد أن مدى الـ pH تراوح من ٤,١٦ فى الصنف والتر Walter إلى ٤,٥٤ فى الصنف أيس ٥٥ فى إف ACE 55 VF ، بالإضافة إلى حالات قليلة كان فيها الـ pH ٤,٧ أو أعلى قليلاً، وكان ذلك فى أصناف خاصة جمعت من مناطق معينة كانت فيها العينات زائدة النضج، وقد تَبيّن من هذه الدراسة ما يلى:

١- لم يحدث تغير ثابت فى pH عصير ثمار أصناف الطماطم المنتجة خلال الـ ٢٥ عامًا السابقة للدراسة، (أجريت الدراسة عام ١٩٧٦)، فكان pH الأصناف الجديدة أكبر أو أقل من الأصناف القديمة.

٢- لوحظ أن ثمار الأصناف ذات الـ pH المرتفع نسبيًّا كانت تميل للشكل الكروى، أو الكروى المضغوط، مثل: أيس ٥٥ فى إف ACE 55 VF، وجاردن ستيت Garden State، وبج جيرل Gig Girl. وقد ازداد الـ pH فيها عن ٤,٦، إلا أنه لم يصل إلى ٤,٨.

٣- لوحظ ارتفاع نسبى فى pH ثمار أصناف التصنيع ذات الثمار المكعبة الدائرية squard round، والكمثرية، والمطاولة.

٤- لم يكن الـ pH مرتفعًا فى الأصناف ذات الثمار الصفراء، أو البرتقالية.

نسبة السكريات إلى الأحماض وأهمية عدد مساكن الثمرة

تتأثر نكهة الطماطم بالمركبات القابلة للتطاير كما سبق بيانه، أما المذاق، فيتأثر أساسًا بنسبة السكريات إلى الأحماض، علمًا بأن النكهة يتم الإحساس بها عن طريق الأنف، أما المذاق، فيكون الإحساس به عن طريق الفم. وقد وجد أن أفضل طعم للطماطم يكون فى الثمار التى لا تقل فيها نسبة السكريات إلى الأحماض عن ١٠: ١، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣٪، ويعنى ذلك ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ٥٪. ويقصد بنسبة الأحماض الحموضة المعايرة كنسبة مئوية من حامض الستريك. ويختلف الدور النسبى للسكريات والأحماض المختلفة فى التأثير على مذاق ثمرة الطماطم، فلكل من الفراكتوز وحامض الستريك دور أكبر فى هذا الشأن بالمقارنة بالجلوكوز وحامض الماليك.

ويتحسن مذاق ثمرة الطماطم كلما ازدادت نسبة أنسجة المساكن locular tissue إلى الجدر الثمرية اللحمية pericarp، بشرط ارتفاع نسبة كل من السكريات والأحماض. ويرجع ذلك إلى التأثير الكبير لنسبة المساكن إلى الجدر الثمرية على المتوسط العام لنسبة السكريات إلى الأحماض فى الثمرة، حيث تكون السكريات المختزلة أعلى بنسبة ٢٠٪ والجلوكوز أعلى بنسبة ٣٨٪ فى الجدر الثمرية عما فى المساكن، فى الوقت الذى

يتساوى فيه تركيز كلٍ من الفراكتوز والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى كلٍ من الجدر الثمرية والمساكن، بينما تزيد الحموضة المعايرة بنسبة ٤٨٪ وحامض الستريك بنسبة ٥٧٪ فى المساكن عنه فى الجدر الثمرية، ويتساوى الـ pH وتركيز حامض الماليك فى كل من الجدر الثمرية والمساكن (Stevens وآخرون ١٩٧٧).

ويعنى ذلك أن المذاق يكون أفضل فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة عالية من المساكن، مع ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، مثل أيس، وفى إف ١٤٥ – بى – ٧٨٧٩ عما فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة منخفضة من المساكن، مثل يوسى ٨٢ وبيتو ٨٦.

وعمومًا.. فإن طعم الطماطم يكون جيدًا عند ارتفاع نسبة السكريات مع ارتفاع الأحماض نسبًّا، بينما يكون طعم الثمار حامضيًّا أو لاذعًا عند انخفاض نسبة السكريات مع ارتفاع الأحماض، ويكون الطعم ضعيفًا عند ارتفاع نسبة السكريات مع انخفاض الأحماض (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

وقد وُجد أن المعاملة بحامض الأبسيسك أحدثت زيادة فى محتوى الثمار من السكريات الذائبة، بينما خفضت من تركيز الأحماض العضوية (Barickman وآخرون ٢٠١٦).

عوامل أخرى تؤثر فى الطعم

١– التطعيم:

وجد أن تطعيم صنف الطماطم Brandywine (وهو من الأصناف القديمة المتوارثة heirloom المرغوب فيها) على أى من الأصلين: هجين الطماطم Survivor، أو هجين الطماطم النوعى Multifort لا يؤثر على أى من صفات: محتوى الثمار من فيتامين C أو المواد الصلبة الذائبة أو الـ pH أو الحموضة المعايرة، إلاّ أن التطعيم قلل جوهريًّا من درجة القبول فى اختبارات التذوق (Barrett وآخرون ٢٠١٢).

٢- التعرض للأوزون:

يؤثر تعريض النباتات للأوزون بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام/م٣ لمدة أربع ساعات على جودة الثمار. وبينما قللت معاملة الأوزون من عدد الثمار المكتملة التكوين ومن أحجامها، فإنها لم تؤثر جوهريًّا فى معدل الإزهار ومعدل عقد الثمار، وكانت الأزهار والثمار الصغيرة هى الأكثر تأثرًا وقت المعاملة. وقد ازداد محتوى ثمار النباتات التى عُوملت بالأوزون فى كلٍ من السكريات الذائبة الكلية، والأحماض العضوية الكلية، وحامض الأسكوربيك، ولكن انخفضت فيها نسبة السكر إلى الحامض؛ الأمر الذى كان مرده — أساسًا — إلى زيادة محتوى حامض الماليك والأسكوربيك والجلوكوز مع الانخفاض فى محتوى السكروز (Thwe وآخرون ٢٠١٥).

لزوجة العصير

ترتبط لزوجة viscosity عصير الطماطم ايجابيًّا بكل من صلابة الثمار، ومحتوى العصير من المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول. ويعد هذا الارتباط عاليًا بالقدر الذى يكفى للانتخاب لصفة اللزوجة العالية بانتخاب الثمار الصلبة (Stevens ١٩٧٩). وتشكل المركبات عديدة التسكر غير الذائبة نحو ٠,٧٪ من عصير الطماطم، ويتكون نصفها تقريبًا من البكتينات pectins والأرابينوجالاكتانات arabinogalactans، ويتكون نحو ربعها من الزيلانات xylans، والأرابينوزيلانات arabinoxylans، وحوالى ربعها من السيليلوز.

وقد قسَّم Stevens & Paulson (١٩٧٦) المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول من حيث مدى ارتباطها مع لزوجة العصير كما يلى:

١- مركبات ترتبط بشدة بلزوجة العصير، وهى البولى جالاكتيورونيدات Polygalacturonides.

٢- مركبات أقل ارتباطًا بلزوجة العصير، ولكنها تؤثر عليه، خاصة فى التركيزات

العالية، وهى:

Water insoluble polysaccharides

Pectinol-solubilized polysaccharides

٣- مركبات ليس لها تأثير يذكر على لزوجة العصير، وهى:

Complex polysaccharides

Water-soluble polysaccharides

الفصل الرابع

تحديات الإنتاج الخاصة بالعيوب الفسيولوجية ووسائل تجنبها

نتناول بالشرح فى هذا الفصل تحديات الإنتاج ذات الصلة بالعيوب الفسيولوجية، وكيف يمكن تجنب حدوثها. كذلك نتطرق إلى التعرف على العيوب الثمرية والنموات غير الطبيعية التى يكون مردها — غالبًا — إلى عوامل وراثية.

إن العيوب الفسيولوجية هى عيوب الثمار والنموات غير الطبيعية التى تظهر عند التعرض لظروف إنتاجية أو بيئية غير مناسبة، وتكون مُصاحَبة بخلل فسيولوجى ينعكس فى صورة تلك العيوب. ولكى يمكن تجنب ظهور تلك العيوب ينبغى أولاً دراسة خصائصها والعوامل المحفزة لظهورها.

تعفن الطرف الزهرى

الأعراض

تظهر أعراض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى Blossom End Rot على الثمار فى أية مرحلة من نموها، لكن يحدث ذلك على الأغلب عندما تكون الثمار بقطر ٢,٥ — ٣سم. وتبدأ الإصابة عند الطرف الزهرى بظهور بقعة صغيرة لونها بنى فاتح، ويقف نمو النسيج المصاب، فتصبح الثمرة مسطحة فى الجزء المصاب الذى يتحول تدريجيًّا إلى اللون الأسود أو البنى. (شكل ٤-١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

ويزداد اتساع الجزء المصاب تدريجيًّا بزيادة الثمرة فى الحجم حتى تتوقف الثمرة على النمو عندما تصل إلى نهاية مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء. ولذا.. نجد أن مساحة الجزء المصاب تتوقف على موعد بداية الإصابة، فتتراوح من مجرد بقعة صغيرة فى الإصابات المتأخرة إلى مساحة كبيرة يقترب قطرها من قطرة الثمرة ذاتها فى الإصابات المبكرة.

وتؤثر هذه الإصابات المبكرة كذلك على نمو الثمرة، فتجعلها أصغر حجمًا من مثيلاتها غير المصابة. ومع نضج الثمرة يبدو النسيج المصاب غائرًا قليلاً، وصلبًا، وجلدى الملمس، بينما لا يكون النسيج المصاب غائرًا فى الإصابات المتأخرة. ويكون الخط الفاصل بين النسيج المصاب، والنسيج السليم واضحًا تمامًا. ويبدأ تلون الثمرة باللون الأحمر حول المنطقة المصابة، ثم يستمر التلوين فى اتجاه الطرف الآخر للثمرة ولا يفقد النسيج المصاب صلابته إلا إذا حدثت فيه إصابة ثانوية بإحدى الكائنات المسببة للعفن.

وتزداد الإصابة بالعيب الفسيولوجى فى ثمار العنقودين الأول والثانى عما فى العناقيد التالية.

وبالإضافة إلى الأعراض التى أسلفنا بيانها والتى يظهر فيها تعفن الطرف الزهرى كانخفاض خارجى فى الطرف الزهرى يتأثر فيه الجدار الخارجى للثمرة، والمشيمة، ومحتوى المساكن فى موقع الإصابة.. بالإضافة إلى ذلك فإن الإصابة قد تكون داخلية؛ حيث يقتصر النسيج الأسود المتحلل على نسيج المشيمة المجاور للبذور، وعلى الجزء الطرفى من المشيمة، وتعرف هذه الأعراض أحيانًا باسم البذور السوداء Black Seeds وهى لا تُرى إلا بعد قطع الثمار (عن Willumsen وآخرين ١٩٩٦).

وبفحص الأنسجة المتأثرة بتعفن الطرف الزهرى – مورفولوجيًّا – بكل من المجهر الضوئى والإليكترولى – تبين ما يلى:

١- بدأت الإصابة كمنطقة مشبعة بالسوائل fluid-soaked area ظهرت على سطح الثمرة، وتحولت سريعًا إلى لون أسود/فلينى بنى قاتم.

٢- ظهرت خلايا بتراكيب غير طبيعية فى طبقة البشرة والطبقات التى تلتها.

٣- حدثت تمزقات وتلفيات فى الغشاء البلازمى الخارجى وكذلك الداخلى tonoplast.

٤- ظهرت الجدر الخلوية لتلك الخلايا متموجة.

٥- ظهر تدهور بالشبكة الإندوبلازمية بتلك الخلايا.

٦- كما كانت البلاستيدات فيها متضخمة.

٧- كانت الخلايا المحيطة بالنسيج المتحلل طبيعية إلاّ أن الأغشية البلازمية فيها كانت منفصلة عن الجدر الخلوية؛ بما يفيد احتمال حدوث بلزمة فيها؛ وهى الظاهرة التى لم تُلاحظ فى الأجزاء الثمرية الأخرى البعيدة عن الجزء المصاب بتعفن الطرف الزهرى.

٨- حدث انهيار فى الخلايا التى تتواجد تحت البشرة فى الجزء المصاب من الثمرة، وأظهرت بعض الخلايا حول الخلايا المنهارة ترسبات من اللجنين، كما أظهرت الخلايا المحيطية لها تراكيب ميرسيتمية مثل الكالس، ويُعتقد بأن ذلك كان استجابة دفاعية بهدف التئام الجروح فى الثمرة (Suzuki وآخرون ٢٠٠٠).

العوامل المسببة للظاهرة

إن أهم العوامل المسببة لظاهرة تعفن الطرف الزهرى، هى عدم حصول النبات على حاجته من الرطوبة الأرضية، ونقص الكالسيوم.

فيؤدى عدم حصول النبات على حاجته من الرطوبة الأرضية إلى حدوث اختلال فى التوازن المائى داخل النبات، ويترتب على ذلك فشل خلايا الطرف الزهرى للثمار فى الحصول على حاجتها من الماء اللازم لنموها؛ فتنهار الأنسجة الثمرية فى هذه المنطقة. كما تدل معظم الدراسات على ارتباط الإصابة معنويًّا بنقص الكالسيوم، وخاصة فى نصف الثمرة البعيد عن العنق. فمن الثابت أن الثمار المصابة يقل محتواها من الكالسيوم عن الثمار الطبيعية. وتظهر الإصابة عند نقص مستوى الكالسيوم فى الثمار عن ٠٫٢٪.

وتزداد حدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات الثمار المطاولة، والكمثرية الشكل.

٢- عندما لا يكون الرى كافيًا لمد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية.

٣- عند نقص الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من النمو القوى المنتظم، نظرًا لاحتياج هذه النباتات لكميات من الماء أكبر مما تحتاجه النباتات التى تنمو ببطء.

٤- فى الأراضى الرملية نظرًا لتعرض النباتات النامية فيها لتقلبات الرطوبة الأرضية بدرجة أكبر عما فى الأراضى المتوسطة والثقيلة.

٥- عند ازدياد تركيز الأملاح — سواء فى التربة أم فى المزارع المائية — حيث تقل قدرة النباتات على امتصاص الماء تحت هذه الظروف بسبب ارتفاع الضغط الأسموزى حول الجذور. ويزداد هذا التأثير للملوحة العالية وضوحًا عند نقص مستوى الكالسيوم الميسر لامتصاص النبات (Adams & Holder ١٩٩٢). وقد وجد Brown & Ho (١٩٩٣) أن زيادة الملوحة أدت إلى نقص امتصاص الكالسيوم بواسطة النبات ونقص وصوله إلى الطرف الزهرى للثمرة. وقد تبين أن زيادة الملوحة تؤدى إلى ضعف تميز نسيج الخشب داخل ثمرة الطماطم؛ الأمر الذى يقلل من وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمرة (عن Minamide & Ho ١٩٩٣)، خاصة وأن الأنسجة الطرفية لثمرة الطماطم تقل كثافة أوعية الخشب فيها بصورة طبيعية، وهى التى ينتقل عن طريقها الكالسيوم مع حركة الماء فيها.

ويتباين تأثير الملوحة حسبما إذا كانت ثابتة نهارًا وليلاً، أم أنها مرتفعة نهارًا فقط، أو ليلاً فقط؛ الأمر الذى يمكن التحكم فيه فى المزارع المائية التى يمكن أن يستعمل فيها محاليل مغذية تختلف فى مستوى ملوحتها فى أى ساعة من ساعات النهار والليل. ففى دراسة أجراها Van leperen (١٩٩٦) على الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى،واستعمل فيها محاليل مغذية اختلفت فى مستوى ملوحتها بين النهار

والليل (نهار/ليل) بين: ٥/٥، و٩/٩، و٩/١، و٩/٩ مللى موز/سم.. وجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى كانت منعدمة – تقريبًا – فى المعاملة ٩/١، بينما ازدادت فى المعاملتين ٩/١، و ٩/٩ مقارنة بالمعاملة ٥/٥.

٦- عند نقص مستوى الكالسيوم الميسر للامتصاص، سواء أكان ذلك فى التربة – كما فى الأراضى الملحية والرملية – أم فى المزارع المائية. وتتعرض الثمار – فى هذه الظروف – إلى منافسة قوية من الأوراق على الكالسيوم الممتص (عن Ho & Adams ١٩٩٤).

ولقد دُرِسَ تأثير ٨٧ محلولاً مغذيًّا على شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ فوجد أن الإصابة تزداد مع نقص الكالسيوم فى المحلول المغذى، كما وجد أن تركيز الكالسيوم يكون أقل فى الثمار المصابة عما فى الثمار السليمة، بينما يزداد البوتاسيوم والمغنيسيوم. ولم تظهر أية علاقة بين الإصابة، وتركيز الأنيونات فى المحاليل المغذية (Lyon وآخرون ١٩٤٢).

ويعتقد بأن حالة تعفن الطرف الزهرى تظهر إذا ما كان مستوى الكالسيوم فى الطرف الزهرى منخفضًا خلال مرحلة النمو السريع للثمرة؛ الأمر الذى قد يحدث فى الحالات التالية:

أ- انخفاض مستوى الكالسيوم فى النبات بسبب الشدِّ المائى أو الملحى.

ب- انخفاض مستوى الكالسيوم فى الثمار بسبب زيادة النتح من النمو الخضرى أو زيادة المقاومة لانتقال الكالسيوم فى أوعية الخشب بداخل الثمرة.

ج- زيادة الطلب على الكالسيوم للمحافظة على نفاذية الأغشية البلازمية بسبب زيادة معدل زيادة الثمار فى الحجم (Ho ١٩٩٩).

٧- زيادة التسميد البوتاسى؛ حيث يمتص النبات البوتاسيوم بكميات أكبر من حاجته، وهو ما يعرف بالاستهلاك الترفى Luxury Consumption؛ فيدخل بذلك

كاتيون البوتاسيوم فى منافسة مع كاتيون الكالسيوم؛ مما يؤدى إلى نقص امتصاص الأخير. وتزداد تلك الحالة شدة عند زيادة نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الأسمدة المستعملة.

وقد وجد Nukaya وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة نسبة البوتاسيوم: الكالسيوم فى المحاليل المغذية للطماطم النامية فى مزرعة صوف صخرى أدت إلى زيادة نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع نقص فى محتوى الثمار من الكالسيوم بنسبة تراوحت بين ٥٠٪ و٦٧٪ حسب الصنف. كذلك أحدثت الزيادة فى نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى المحلول المغذى زيادة طفيفة فى نسبة البوتاسيوم فى الثمار.

كذلك توصل Bar-Tal & Pressman (١٩٩٦) إلى نتائج مماثلة لما سبق بيانه؛ حيث أدت زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى من ٥ إلى ١٠ مللى مولارًا/لتر إلى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع زيادة امتصاص النباتات من البوتاسيوم، وزيادة تركيز العنصر فى الأنسجة النباتية، ولكن مع نقص امتصاص النباتات للكالسيوم. وقد ارتبطت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى — إيجابيًّا — مع نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الأوراق، ولكن الارتباط لم يكن قويًّا مع نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الثمار.

٨- عند زيادة مستوى التسميد بوجه عام، والأمونيومى بوجه خاص؛ فكلما ازداد امتصاص الآزوت، ازداد النمو الخضرى، وازدادت تبعًا لذلك حاجة النبات للكالسيوم، ويحدث ذلك سواء أكان التسميد الآزوتى فى صورته النيتراتية أم الأمونيومية، كما يؤدى كاتيون الأمونيوم إلى نقص امتصاص كاتيون الكالسيوم كذلك بسبب ما يعرف بالتوازن الكاتيونى.

وقد وجد Barker & Ready (١٩٩٤) أن ثمار النباتات التى سمدت بنيتروجين أمونيومى ظهرت بها نسبة أعلى من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عن تلك التى سُمدت بنيتروجين نتراتى. وأدى تراكم النيتروجين الأمونيومى فى الثمار إلى زيادة معدل

إصابتها بتعفن الطرف الزهرى، وزيادة إنتاجها من الإثيلين. ومن المعلوم أن الثمار المصابة بتعفن الطرف تكون أكثر تجانسًا فى النضج وأسرع نضجًا عن مثيلاتها غير المصابة.

كذلك وجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفضت بزيادة تركيز المحاليل المغذية — فى المزارع المائية — إلى نحو ١٥٠٪ من تركيزها العادى، ولكن زيادة النيتروجين الأمونيومى، أو كلوريد الصودوم — منفردًا — فى هذه المحاليل أدت إلى زيادة شدة الإصابة بالظاهرة. ولم تلاحظ علاقة مباشرة بين شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وتركيز الكالسيوم فى الأوراق (عن Kanahama ١٩٩٤).

ووجد Willumsen وآخرون (١٩٩٦) أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى تأثرت بجميع العناصر المغذية التى استعملت لزيادة ملوحة المحلول المغذى بين ٣ و٩ مللى موز/سم، وهى: الصوديوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكلور، والنيتروجين النتراتى، والفوسفور، والكبريت السلفاتى.

٩- فى الظروف التى تساعد على النتح السريع، حيث يفقد الماء من النبات بمعدلات تفوق قدرة الجذور على امتصاصه من التربة. ويحدث ذلك عندما تهب رياح حارة جافة. ففى هذه الظروف يتجه كل الماء الممتص إلى الأوراق، ويقل بالتالى وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمار، لأنه ينتقل سلبيًّا مع حركة تيار الماء المتجه نحو الأوراق بقوة الشد الناتجة عن النتح. كما تفقد الثمار ذاتها جزءًا من مائها لاحتياج الأوراق إليه لعدم كفاية الماء الذى تمتصه الجذور لتعويض الماء المفقود بالنتح، فتنهار بذلك أنسجة الطرف الزهرى بالثمار، وتظهر أعراض الإصابة (Gerard & Hipp ١٩٦٨، و Taylor وآخرون ٢٠٠٤).

كذلك فإن الفقد الشديد للماء من أنسجة الثمار — عند انخفاض الرطوبة النسبية — يمكن أن يؤدى إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى فى المستويات المنخفضة من

الكالسيوم المتاح للامتصاص، مثل مستوى ١٠٠ مجم كالسيوم/لتر فى المحاليل المغذية (Paiva وآخرون ١٩٩٨).

١٠- عند تشبع الهواء بالرطوبة، حيث يقل أو ينعدم النتح، ويقل الكالسيوم الممتص الذى يصل إلى الثمار تبعًا لذلك، لأن تحركه فى النبات يكون سلبيًّا مع حركة الماء المفقود بالنتح.

وأوضحت دراسات Adams & Holder (١٩٩٢) أن زيادة الرطوبة النسبية أدت — دائمًا — إلى خفض تركيز الكالسيوم فى الأوراق والكمية الكلية المتراكمة من العنصر فيها، علمًا بأن هذا التأثير كان أشدّ وضوحًا عند زيادة الرطوبة النسبية خلال الليل منها أثناء النهار. وبالمقارنة.. فإن تراكم الكالسيوم فى الثمار انخفض بشدة عندما انخفضت الرطوبة النسبة نهارًا. وقد بدا أن الرطوبة النسبية المرتفعة نهارًا تنشط حركة الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة، أيًّا كانت الرطوبة النسبية ليلاً.

١١- عند تشبع التربة بالماء لفترة طويلة، حيث يموت الكثير من الجذور بسبب نقص الأكسجين اللازم لتنفسها، أو بسبب تعفنها فى هذه الظروف؛ فتقل بالتالى كمية الماء التى تمتصها النباتات.

١٢- عندما يزداد معدل نمو الثمار فى الظروف البيئية (حرارة وإضاءة) التى تحفز ذلك (Ho وآخرون ١٩٩٣)؛ حيث يزداد طلب الثمار على العنصر؛ خاصة وأن تلك الظروف تشجع — كذلك — على النمو الخضرى السريع.

ويزداد الطلب على الكالسيوم خلال مرحلة ازدياد خلايا الثمرة — السريع — فى الحجم؛ الأمر الذى يحدث — عادة — بعد تفتح الزهرة بنحو ثلاثة أسابيع.

طبيعة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى

تتعرض جميع أصناف الطماطم للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، إلا أن حدة الإصابة تزداد فى الأصناف الكمثرية الشكل، مثل: سان مارزانو San Marzano. ويعتبر الصنف

روما Roma أقل الأصناف الكمثرية عرضة للإصابة عن غيره (Abdel-Al & Saeed ١٩٧٥)، كما تعتبر الأصناف ذات الثمار المطاولة elongated من أكثر الأصناف تعرضًا للإصابة.

وقد وجد أن أكثر مراحل النمو الثمرى تعرضًا للإصابة هى مرحلة ما بعد تفتح الزهرة بنحو ٧–١٥ يومًا، حيث تزداد الثمرة فى الطول خلال هذه المرحلة بمعدل أكبر من ازديادها فى الحجم، كما يكون النمو الثمرى نشيطًا، وبذلك لا يصل للطرف الزهرى للثمرة كل احتياجاته من الكالسيوم. وقد وجد بالفعل أن محتوى الأطراف الزهرية من الكالسيوم أقل خلال هذه المرحلة من النمو عما فى المراحل الأخرى (Spur ١٩٥٩، و Waterhout ١٩٦٢).

كذلك وجد Ho وآخرون (١٩٩٣) أن امتصاص الكالسيوم وانتقاله إلى الطرف البعيد (الزهرى) للثمرة كان أقل فى الصنف كالِبسو Calypso القابل للإصابة عما فى الصنف كَوّنتر Counter الأقل قابلية للإصابة. وقد كان ذلك مرتبطًا بعدم تميز نسيج الخشب بقدرٍ كافٍ فى الصنف القابل للإصابة.

يؤدى نقص وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمرة إلى انخفاض تثبيت وترسيب الكالسيوم فى الجدر الثمرية — فى هذه المنطقة — فى صورة بكتات كالسيوم وفوسفات كالسيوم إلى درجة لا تفى باحتياجات التكوين الطبيعى للجدر والأغشية الخلوية. وقد يترتب على ذلك فقد الأغشية الخلوية لخاصة نفاذيتها الاختيارية. ومن ثم تتسرب محتويات الخلايا إلى خارجها، إلى درجة إحداث أضرار بالخلايا، وظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى، وخاصة إذا كانت درجة حموضة المحتوى الخلوى عالية؛ الأمر الذى يحدث — دائمًا — عند زيادة ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور.

فعند زيادة الملوحة الأرضية أو ملوحة المحاليل المغذية، يزداد تركيز البوتاسيوم وإنتاج الأحماض فى الثمرة. وقد تؤدى زيادة تركيز الأحماض العضوية فى الثمرة إلى

نقص تيسر الكالسيوم فى أنسجتها؛ الأمر الذى يجعل الثمرة أكثر حساسية للإصابة بتعفن الطرف الزهرى (عن Willumsen وآخرين ١٩٩٦).

هذا.. ويزداد الطلب على الكالسيوم خلال مرحلة ازدياد خلايا الثمرة — السريع — فى الحجم؛ الأمر الذى يحدث — عادة — بعد تفتح الزهرة بنحو ثلاثة أسابيع.

كما يزداد الطلب على الكالسيوم والتنافس عليه عند زيادة محصول الثمار مع توفر ظروف تشجع النمو السريع لكل من الثمار والنمو الخضرى.

هذا.. وتظهر أعراض تعفن الطرف الزهرى بسبب تدهور وتحلل الأغشية الخلوية؛ الأمر الذى يحدث — غالبًا — فى الثمار الصغيرة فى بداية مرحلة ازدياد الخلايا فى الحجم، وهى المرحلة التى يزداد معها تركيز الجبريللينات النشطة فسيولوجيًّا. وقد اقترح Saure (٢٠٠١) أن واحدًا أو أكثر من واحد من عوامل الشدِّ — مثل نقص الرطوبة الأرضية، أو الملوحة العالية، أو زيادة تركيز ونشاط أيون الأمونيوم — يؤدى إلى زيادة الشدِّ على الأغشية الخلوية فى تلك المرحلة من النمو الثمرى — وهى التى يُصاحبها أقل تركيز للكالسيوم فى الثمار — حيث تنهار القدرة على تحمل ظروف الشدِّ، وتنهار الأغشية الخلوية دون أن يكون للكالسيوم دور أساسى أو مستقل فى ظهور أعراض الإصابة.

وتلعب كثافة الأوعية الخشبية بالثمار دورًا فى الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ويكون للملوحة تأثيرها على الإصابة من خلال تأثيرها على كثافة الأوعية.

إن انتقال الكالسيوم إلى الثمار يتم — غالبًا عن طريق الخشب، وربما ترجع صعوبة وصول الكالسيوم إلى الطرف البعيد من الثمرة إلى مقاومة الأنسجة الطرفية لحركة الماء خلال أنسجة الخشب فيها، حيث وجد أن هذه المنطقة لا تمتد فيها أوعية الخشب بكثافة عالية. ومع نقص تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة عند زيادة الملوحة الأرضية.. تزداد مشكلة تعفن الطرف الزهرى فى هذه الظروف.

ومن المعروف أن عدد الحزم الوعائية وكثافتها تنخفض فى أنسجة مشيمة ثمرة الطماطم عما فى جدرها، كما تنخفض فى طرف الثمرة البعيد عما فى طرفها القريب المتصل بالعنق؛ الأمر الذى يؤدى إلى وجود أعداد قليلة جدًا من الحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد بصورة طبيعية. هذا إلا أن العدد القليل من الحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد يكون مصاحبًا بزيادة فى حجم الحزمة فى أنسجة الجدر الثمرية.

وقد وجد Belda وآخرون (١٩٩٦) أن الملوحة العالية أدت إلى نقص المساحة الكلية للحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد، مقارنة بثمار الكنترول، وكان النقص أشد فى الأصناف الحساسة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى عنه فى الأصناف المقاومة. كذلك أدت الملوحة العالية إلى نقص المساحة الكلية لأوعية الخشب فى الأنسجة البعيدة للثمرة، بما فى ذلك أنسجة المشيمة.

وعلى الرغم من وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى كفاءة امتصاصها للكالسيوم واستخدامها للتركيزات المنخفضة من العنصر فى بيئة النمو، إلا أن Ho وآخرين (١٩٩٥) لم يجدوا أية علاقة بين كفاءة استخدام الكالسيوم أو امتصاصه ومقاومة النباتات لتعفن الطرف الزهرى، حيث بدا من دراساتهم أن المقاومة ترتبط بقدرة النباتات على تحويل كميات كافية من العنصر بعيدًا عن الأوراق إلى العناقيد الثمرية، وخاصة إلى الطرف البعيد للثمار.

ويبدو أن الاختلافات المشاهدة بين الأصناف فى معدل نمو ثمارها، وفى تميز نسيج الخشب فيها هى الأساس فى تباينها فى صفة المقاومة لتعفن الطرف الزهرى؛ حيث تقل الإصابة عند بطء نمو الثمار وتزيد عند ضعف تميز الخشب فيها.

ويُستنتج من مراجعة البحوث المنشورة أن نقص الكالسيوم ليس هو سبب الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وإنما نتيجة للإصابة به، وذلك فى كل من الطماطم والفلفل. والحقيقة هى أن استنفاذ الكالسيوم الذائب لا يُلاحظ إلاّ بعد أن تصبح أعراض تعفن

الطرف الزهرى منظورة، بينما يلاحظ فى المراحل المبكرة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى أن توزيع وتركيز الكالسيوم فى الثمار يتماثل مع ما فى الثمار السليمة. ومن الواضح أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى مردها إلى عوامل للشدِّ البيئى، مثل: الملوحة، والجفاف، والإضاءة العالية، والحرارة، والتغذية بالأمونيا، وهى عوامل يترتب عليها زيادة فى الـ ROS (وهى الـ reactive oxygen species)؛ ومن ثم زيادة شد الأكسدة، وفى النهاية موت الخلايا. ويترتب على موت الخلايا تحلل الأغشية البلازمية وانهيار الشبكة الإندوبلازمية؛ مما يؤدى إلى تسرب الأيونات والتى منها الكالسيوم، وفقد الخلايا لامتلائها. وتؤدى الجبريللينات إلى خفض تراكم الكالسيوم، وإلى زيادة الحساسية لعوامل الشد، ولمخاطر الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ بينما يكون لحامض الأبسيسك تأثير عكسى. وقد تؤدى المعاملة بمضادات الجبريللين مثل حامض الأبسيسك أو بمثبطات تمثيل الجبريللين مثل البروهِكساديون–كالسيوم prohexadione-Ca إلى منع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بصورة تامة، حتى مع وجود تركيز منخفض من الكالسيوم (Saure ٢٠١٤).

طرق الوقاية من الإصابة

لا يمكن علاج الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بعد حدوثها بالفعل، ولكن يمكن اتخاذ بعض الإجراءات التى تكفل الوقاية من الإصابة وتمنع حدوثها.

ومن أهم الإجراءات التى يمكن اتخاذها للوقاية من الإصابة، ما يلى:

١– تجنب زراعة الأصناف الحساسة للإصابة فى الظروف التى تشجع على حدوث الإصابة.

٢– تنظيم الرى، خاصة: فى الجو الحار، وفى الأراضى الرملية.

٣– تجنب الزراعة فى الأراضى الملحية.

٤– تجنب زيادة كميات الأمونيوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم الميسر فى التربة عما

يفى بحاجة النبات للنمو الجيد. فمن الضرورى المحافظة على التوازن بين الكالسيوم، والأيونات الأخرى فى التربة، فتكون نسبته فى حدود ١٦٪–٢٠٪ من الكاتيونات الكلية. ويمكن المحافظة على هذه النسبة بإضافة الجبس الزراعى (Greenleaf & Adams ١٩٦٩).

٥– يفيد رش الثمار فى الزراعات المحمية بمحلول كلوريد الكالسيوم – بتركيز ٠,٤٪–٠,٥٪ – مع بدء الرش بعد ٩–١٥ يومًا من تفتح الأزهار، وهى أكثر المراحل حساسية للإصابة. وقد وجد أن الرش فى هذه المرحلة من النمو يؤدى إلى زيادة الكالسيوم فى الطرف الزهرى للثمرة بنسبة ٣٠٪ فى خلال ٤٨ ساعة. ويُمتص الكالسيوم من خلال جلد الثمرة مباشرة، أما الكالسيوم الممتص عن طريق الأوراق فلا تستفيد منه الثمار، وذلك لأنه نادرًا ما يخرج منها. وعليه.. لا يفيد رش الأوراق فى الوقاية من المرض، بالإضافة إلى أن امتصاص الثمار للكالسيوم يتناسب عكسيًّا مع عمر الثمرة؛ ولذا يوصى بالرش المبكر. ويلزم غالبًا إجراء ٧ رشات على فترات أسبوعية. هذا.. ويجب ألاّ يُتخذ الرش بديلاً للتسميد بالكالسيوم، وإنما يتم فقط فى الظروف التى تزيد فيها فرصة حدوث الإصابة.

وعلى الرغم من أن إضافة الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم) بمعدل طن للهكتار (٤٢٠ كجم/فدان) أدت إلى خفض معدل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بمقدار ٤٠٪، إلا أنه تفضل إضافة الكالسيوم فى صورة نترات الكالسيوم مع مياه الرى بالتنقيط، حيث أدى التسميد بهذه الطريقة إلى وقف الإصابة بالظاهرة (Gávate وآخرون ١٩٩١).

إن رش الثمار النامية – مباشرة – بنترات الكالسيوم بمعدل ٥–٧,٥ كجم/٤٠٠ لتر ماء قد يفيد فى تقليل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

يُعد توفر الكالسيوم بتركيز عالٍ فى ثمار الطماطم خلال المراحل المبكرة لتكوينها أمرًا ضروريًّا لتجنب إصابتها – بعد ذلك – بتعفن الطرف الزهرى، ويعتقد بضرورة

توفر ٩٠٪ من الكالسيوم الذى يلزم لاكتمال النمو الطبيعى للثمرة فيها قبل بدء تكون الطبقة الشمعية على الثمار الصغيرة.

«http://www.uga.edu/vegetable/tomato.html»

٦- للتغلب على ظاهرة تعفن الطرف الزهرى بثمار الطماطم فى الزراعات اللاأرضية، يُوصى بالمحافظة على مستوى البوتاسيوم فى حدود ١,٧ مللى مول والكالسيوم فى حدود ٨-٩ مللى مول، مع رطوبة نسبية عالية (De Kreij ١٩٩٦).

٧- المعاملة بحامض الأبسيسك:

تُشير الدراسات إلى أن المعاملة بحامض الأبسيسك رشًّا بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون تقدح آليات فى النبات والثمار لزيادة امتصاص الكالسيوم ومنع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع زيادة تركيز الكالسيوم فى مختلف أجزاء الثمرة حتى ولو انخفض محتوى الأوراق من العنصر (Barickman وآخرون ٢٠١٤أ). وقد حدث أكبر خفض للإصابة بتعفن الطرف الزهرى حينما جُمِعَ بين معاملتى حامض الأبسيسك رشًّا بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون، ومع ماء الرى بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، وكذلك عند الجمع بين معاملتى الرش بحامض الأبسيسك، والتسميد بالكالسيوم مع ماء الرى بتركيز ١٨٠ جزءًا فى المليون. وقد كانت المعاملة بحامض الأبسيسك فعالة فى زيادة تركيز الكالسيوم بالثمار وخفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المراحل المبكرة فقط من النمو النباتى، ولكنها كانت أقل فاعلية فى المراحل المتأخرة (Barickman وآخرون ٢٠١٤ب).

ويمكن إجمال المناقشات السابقة فيما يلى:

توجد أربعة أسباب رئيسية لظاهرة تعفن الطرف الزهرى، نُجملها فيما يلى:

١- انخفاض مستوى الكالسيوم فى النبات.

٢- ضعف انتقال الكالسيوم إلى أنسجة الطرف البعيد من الثمرة (الطرف الزهرى).

٣- زيادة الطلب على الكالسيوم بسبب تسارع معدل النمو الثمرى.

٤- عدم التوازن بين الكالسيوم وعناصر أخرى (مثل النيتروجين والفوسفور) وتأثير ذلك على نفاذية الأغشية الخلوية.

ويمكن الحد من تأثير تلك المسببات لحالة تعفن الطرف الزهرى بمراعاة ما يلى:

١- الوصول بامتصاص الجذور للكالسيوم إلى المستوى المثالى:

إن المستوى المثالى للكالسيوم فى المحاليل المغذية هو ٢٠٠ جزء فى المليون، ويؤدى انخفاضه لأقل من ١٠٠ جزء فى المليون إلى ظهور أعراض الظاهرة. هذا إلاّ أن امتصاص الكالسيوم يتناسب طرديًّا مع امتصاص الماء، وهو الذى يتأثر — بدوره — بنتح النموات الخضرية، وبشدة الإضاءة، والرطوبة النسبية، وحرارة الجذور. ويعنى ذلك أن امتصاص الكالسيوم يمكن أن يتأثر بظروف النمو، إضافة إلى مستوى الكالسيوم فى بيئة النمو. ومن بين العوامل المؤثرة فى امتصاص الكالسيوم الملوحة فى نطاق الجذور (نتيجة لما تحدثه من ضغط أسموزى). ويؤدى استعمال تركيز عالٍ من العناصر المغذية إلى نفس النتيجة؛ فيقل امتصاص الكالسيوم رغم توفره.

ويقل امتصاص الكالسيوم كذلك عند ضعف التهوية فى محيط الجذور. وبذا.. فإنه حتى ولو وُجد الكالسيوم بتركيز كافٍ للنمو الجيد، فإن حالة تعفن الطرف الزهرى يمكن أن تظهر إذا كانت درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) أكبر من ٥,٠ mS/سم، أو عند زيادة الأمونيوم NH_4 عن ١٠٪ من النيتروجين الكلى المتوفر للتغذية، أو إذا ساءت تهوية الجذور (كما يحدث عند توقف انسياب المحلول المغذى لفترة طويلة فى مزارع الصوف الصخرى)، أو إذا انخفضت حرارة محيط النمو الجذرى عن ١٤ْم أو ارتفعت عن ٣٠ْم.

٢- تحسين توزيع الكالسيوم إلى الثمار السريعة النمو:

يكون انتقال الكالسيوم من الجذور إلى الثمار بطيئًا لأن العنصر ينتقل مع تيار الماء الذى يتحرك بفعل عملية النتح، بينما يكون معدل النتح فى الثمار شديد الانخفاض؛ وبذا.. يكون تركيز الكالسيوم فى الثمار أقل عما فى أى عضو آخر من النموات الخضرية. ويمكن أن يزداد نقص الكالسيوم فى الثمار إذا كان معدل النتح فى النموات الخضرية عاليًّا؛ نظرًا لاتجاه مزيد من الكالسيوم – حينئذٍ – نحو الأوراق الناتحة بدلاً من اتجاهه نحو الثمار. وإضافة إلى ذلك.. لا يكون توزيع الكالسيوم فى الثمار متجانسًا نظرًا لضعف تكوين شبكة الخشب – التى تنقل تيار ماء النتح – قريبًا من الطرف البعيد للثمرة. ويعنى ذلك الضعف الشديد فى وصول ماء النتح إلى تلك المنطقة من الثمرة، وهو ما يعنى انخفاض تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة. ويزداد ضعف شبكة الخشب فى النسيج البعيد للثمرة – خاصة – فى الأصناف الحساسة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك عند زيادة الأملاح فى المحلول المغذى. ويعنى ذلك أن الملوحة العالية لا تحد – فقط – من امتصاص الكالسيوم، ولكنها تحد كذلك من انتقال العنصر للطرف البعيد من الثمرة.

يقل تركيز الكالسيوم كذلك – كثيرًا – خلال مرحلة النمو السريع للثمرة (بعد حوالى أسبوعين من تفتح الزهرة)؛ بما يعنى أن تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة قد يُصبح حرجًا خلال فترة النمو السريع. وتلك هى الفترة الحرجة التى تُستَحث فيها حالة تعفن الطرف الزهرى، وذلك عندما ينخفض تركيز العنصر عن المستوى المناسب لنفاذية الأغشية الخلوية.

ولتحسين وصول الكالسيوم إلى الثمار السريعة النمو يلزم خفض النتح فى النمو الخضرى لأجل توجيه انسياب الكالسيوم إلى الثمار وبعيدًا عن الأوراق. وبخفض الفرق فى ضغط بخار الماء vapor pressure deficit (اختصارًا: VPD) فى الصوبة من ٠,٨

إلى ٠,١ كيلو باسكال، فإنه يمكن زيادة تركيز الكالسيوم بالثمار. ويتعين تجنب زيادة الـ VPD عن ٠,٥ كيلو باسكال، وزيادة الـ EC عن ٥,٠ mS/سم.

٣- تنظيم نمو الثمار بتوفير توازن أفضل لانتقال الغذاء المجهز والكالسيوم إليها:

لا يؤثر الضوء والحرارة على امتصاص الكالسيوم فقط، ولكنهما يؤثران كذلك فى معدل نمو الثمرة؛ فيزداد معدل نموها عند توفر مزيد من الغذاء المجهز (عند زيادة شدة الإضاءة)، وعند زيادة النشاط الأيضى فيها (فى الحرارة العالية). ويلزم الكالسيوم للمحافظة على سلامة كلاً من الأغشية البلازمية والجدر الخلوية، ويعنى ذلك زيادة الطلب على العنصر خلال فترة النمو السريع للثمار. ونظرًا لأن الظروف المهيئة للنمو السريع للثمار لا تحفز بالضرورة زيادة امتصاص الكالسيوم، فإن النمو السريع للثمار قد يقود إلى انخفاض مستوى الكالسيوم إلى الحد الحرج.

يحدث النمو السريع للثمار — كذلك — عندما تأتى فترة من الجو الصحو بعد فترة طويلة من الجو الملبد بالغيوم. كما يمكن أن تزداد الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند خف العناقيد الزهرية، وهو الإجراء الذى يوفر مزيدًا من الغذاء المجهز للنمو السريع للثمار المتبقية. ويفيد دائمًا التحكم فى الظروف التى تُناسب زيادة محصول الثمار (الإضاءة الجيدة، والحرارة، والتغذية بثانى أكسيد الكربون)؛ لتجنب حدوث زيادة فجائية فى معدل نمو الثمار وما يستتبعه ذلك من زيادة فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

٤- المحافظة على التوازن بين الكالسيوم والعناصر الأخرى لنمو الثمار:

توجد أدلة على أن حالة تعفن الطرف الزهرى يمكن أن تحدث نتيجة لعدم التوازن بين العناصر المغذية فى الثمرة ذاتها؛ فيمكن — مثلاً — زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى بخفض الفوسفور المتوفر للامتصاص من ٣٠ إلى ٥ أجزاء فى المليون، حتى مع عدم تغيير مستوى الكالسيوم. ويمكن إحداث نفس التأثير — بدرجة أقل — بخفض

مستوى النيتروجين النتراتى المتاح للتغذية من ٢٤٠ إلى ١٢٠ جزءًا فى المليون. وربما يكون لتلك العوامل تأثير على نفاذية الأغشية البلازمية (Ho ١٩٩٨، وHo وآخرون ١٩٩٩).

تشققات الثمار

توجد ٣ أنواع من تشققات الثمار Fruit Cracks، هى كما يلى:

١- التشقق الدائرى Concentric Cracking:

يظهر التشقق الدائرى على شكل حلقات دائرية حول كتف الثمرة تتمركز عند العنق، وتكون سطحية غالبًا، فلا تتعمق لأكثر من جلدة الثمرة، والطبقة السطحية من جدار الثمرة (شكل ٤-٢؛ يوجد فى آخر الكتاب).

٢- التشقق العمودى Radial Cracking:

تمتد التشققات العمودية من طرف الثمرة المتصل بالعنق نحو الطرف الزهرى، وتصل غالبًا إلى ربع أو ثلث المسافة بين طرفى الثمرة، ولكنها قد تمتد أحيانًا حتى منتصفها. وتكون هذه التشققات عميقة غالبًا، حيث تنفذ خلال جلد الثمرة، وتصل أحيانًا إلى المساكن (شكل ٤-٣؛ يوجد فى آخر الكتاب).

٣- التفلقات Bursting or Side Wall Cracks:

تظهر التفلقات متعرجة لا تتصل بالعنق، بل تكون فى أى مكان من سطح الثمرة، وتكون عميقة.

ويسود نوع واحد من التشققات على النوعين الآخرين فى الصنف الواحد غالبًا، لكن قد تظهر كل أنواع التشققات فى نفس الثمرة أحيانًا أخرى. وإذا حدث أن ظهرت تشققات دائرية مع تشققات عمودية قصيرة تأخذ الثمار مظهرًا شبكيًّا.

تظهر التشققات الدائرية فى الثمار الخضراء الناضجة، ويستمر وجودها عند نضج الثمار، لكنها نادرًا ما تبدأ فى الظهور بعد بداية التلوين. وعلى العكس من ذلك..

فنادرًا ما تظهر التشققات العمودية على الثمار الخضراء، بينما يكثر ظهورها عند النضج. ويعنى ذلك أن حصاد الثمار فى طور النضج الأخضر يجنبها الإصابة بالتشقق العمودى. أما التفلقات، فإنها لا تتكون إلا فى الثمار تامة النضج.

تقلل جميع أنواع التشققات من نوعية الثمار المصابة، وتهيئ منافذ للإصابة بالكائنات الأخرى المسببة للعفن، لكنها تختلف فى هذا الشأن، فالتشققات الدائرية تكون سطحية غالبًا، وتلتئم بسرعة، بينما تكون التشققات العمودية غائرة غالبًا، ولا يكون التئامها كاملاً فى معظم الأحيان، فتشكل بذلك منفذًا للكائنات المسببة للعفن. وكثيرًا ما تتفتح التشققات العمودية الملتئمة أثناء تداول الثمار بعد الحصاد. أما التفلقات، فإنها نادرًا ما تلتئم، وتكون عرضة للإصابة بفطر الالترناريا *Alternaria*، وغيره من الكائنات المسببة للعفن.

تظهر التشققات، ويزداد معدل تكوينها فى الظروف التالية:

١- عندما تحدث تقلبات كبيرة فى الرطوبة الأرضية (Pascual وآخرون ١٩٩٩)؛ خاصة عند زيادة الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من الجفاف (Pascual وآخرون ٢٠٠٠)، وذلك لأن جلد الثمرة ينضج، ويصبح أقل مرونة أثناء فترة الجفاف، فإذا ما ازدادت الرطوبة الأرضية فجأة، وصلت كمية كبيرة من الرطوبة إلى الثمرة، واستعادت نشاطها، ولكن جلد الثمرة الناضج لا يتمكن من الاتساع ليستوعب الزيادة الجديدة فى الحجم، كما لا يمكنه تحمل الضغط الداخلى الواقع عليه؛ فتحدث التشققات. وتظهر التفلقات بكثرة عند رى الحقل قبل الحصاد فى وجود ثمار حمراء ناضجة، حيث تكون شديدة الحساسية للزيادة فى الرطوبة الأرضية.

٢- عند زيادة هطول الأمطار بعد فترة من الجفاف، حيث يلاحظ ظهور التشققات بعد عدة ساعات من المطر. ولا يختلف تأثير الأمطار فى هذه الحالة عن تأثير الرى، فكلاهما يؤثر من خلال زيادته للرطوبة الأرضية، وقد تؤثر الأمطار بطريق آخر، خاصة

عندما تكون على شكل رخات كثيرة بكميات قليلة لا تؤثر كثيرًا على الرطوبة الأرضية. ففى هذه الحالة يؤثر المطر من جراء امتصاص الثمار لماء المطر المتساقط عليها مباشرة، وما يسببه ذلك من تولد ضغط داخلى على جلد الثمرة. وينفذ الماء إلى داخل الثمرة إما من خلال الشقوق الدقيقة التى توجد بها، وإما من خلال النسيج الفلينى المحيط بعنقها. وتزداد حدة التشقق بزيادة عدة مرات المطر. ويُحدث الرى بالرش نفس التأثير الذى يُحدثه المطر، والرى السطحى معًا.

٣- عند زيادة مستوى الرطوبة الأرضية بصورة عامة.

٤- فى حالات التربية الرأسية للطماطم فى الحقول المكشوفة، حيث تكون الثمار أكثر عرضة للشمس والهواء، فينضج جلد الثمرة بسرعة، ويصبح أقل مرونة وأكثر عرضة للتشقق.

٥- عندما تستعيد النباتات المثمرة نموها النشيط فجأة بعد فترة من توقف النمو، كأن يتحسن الجو بعد فترة من الجو البارد الملبد بالغيوم أو تُسمد النباتات بالأزوت بوفرة بعد فترة من نقص الآزوت.

٦- عندما ترتفع درجة حرارة الثمرة كثيرًا، حيث ينهار نسيج البشرة المغطى بالكيوتين بالقرب من عنق الثمرة؛ الأمر الذى يعرض الثمار للإصابة بالتشقق، حتى مع انتظام النمو والرطوبة الأرضية. كما يؤدى ارتفاع حرارة الأنسجة الداخلية للثمرة إلى زيادة ضغط الغازات والضغط الاستاتيكى لأنسجة الثمرة الداخلية على جلد الثمرة؛ مما يؤدى إلى تشقق الثمار الحمراء فى الحال، وتشقق الثمار الخضراء بعد فترة قصيرة، حينما تتسع الشقوق الدقيقة — التى تتكون بالثمرة خلال فترة ارتفاع درجة حرارتها — وتصبح مرئية.

٧- تحت ظروف الإضاءة القوية حيث يلعب الضوء دورًا مستقلاً فى تشقق الثمار يختلف عن حقيقة أن زيادة شدة الإضاءة ترتبط — عادة — مع ارتفاع درجة الحرارة؛

ففى الإضاءة القوية، يزداد معدل انتقال المواد الصلبة الذائبة إلى الثمار. كما يزداد معدل نموها، ويعتبر كلا الأمرين من العوامل التى ترتبط بزيادة حدوث التشققات.

٨- عند زيادة قوة المحلول المغذى فى الزراعات اللاأرضية:

وجد أن زيادة قوة المحلول المغذى من نصف قوته إلى قوته الكاملة وإلى ضِعف قوته (كانت درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل الثلاثة: ١,٤، و ٢,٤، و٤ مللى سيمنز/سم، على التوالى) أدت إلى زيادة إصابة الثمار بالتشقق فى أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (Ohta وآخرون ١٩٩٣).

ومن أهم الصفات النباتية التى ترتبط بزيادة القابلية للتشقق فى ثمار الطماطم ما يلى:

١- حجم الثمرة الكبير.

٢- ضعف تحمل جلد الثمرة للضغوط.

٣- قلة مرونة جلد الثمرة خلال مراحل نموها من بداية التلوين إلى حين اكتسابها لونًا ورديًا.

٤- رقة جلد الثمرة.

٥- رقة الجدار الثمرى Pericarp.

٦- عدم تعمق الكيوتين كثيرًا بين خلايا البشرة إلى داخل الثمرة.

٧- عدم تغطية النمو الخضرى للثمار (Peet ١٩٩٢).

ويتأثر تفلق ثمار الشيرى بعد الحصاد ويرتبط بعدد من العوامل، كما يلى:

١- يؤدى نقع الثمار فى ماء يحتوى على كالسيوم إلى نقص التفلق، بينما أدت إضافة المواد المخلبية إلى زيادته.

٢- أدت معاملة النقع فى محاليل الكالسيوم إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم المرتبط، بينما خفضت إضافة المادة المخلبية CDTA من الكالسيوم الذائب.

٣- ارتبط الفقد الرطوبى للثمار أثناء التخزين بالانخفاض فى قابلية الثمار للتفلق.

٤- وعلى العكس من ذلك.. أدى نضج الثمار أثناء تخزينها إلى زيادة قابلية الثمار للتفلق.

٥- كانت قابلية الثمار للتفلق أكبر عندما كان الحصاد فى الصباح عما كان عليه الحال عندما كان الحصاد ظهرًا، وكان أقل ما يمكن عندما كان الحصاد ليلاً (Lichter وآخرون ٢٠٠٢).

من البديهى أنه لا توجد وسيلة لعلاج تشققات الثمار إذا حدثت، إلاّ أنه يمكن اتخاذ بعض التدابير والإجراءات التى تخفض احتمالات حدوث الإصابة، وهى كما يلى:

١- تجنب زراعة الأصناف الشديدة القابلية للإصابة بالتشقق.

٢- توفير كافة الظروف المساعدة على انتظام النمو، وتجنب العوامل المؤدية إلى توقف النمو لفترة، ثم تنشيطه من جديد، مثل: عدم انتظام الرى، أو التسميد الآزوتى، أو درجة الحرارة.

٣- تجنب الرى الغزير.

٤- اتباع الأساليب الزراعية التى تقلل من التغيرات الكبيرة اليومية فى درجة الحرارة داخل الثمار، والتى من أهمها المحافظة على نمو خضرى قوى. ويتعين المحافظة على أقل تباين ممكن بين حرارتى الليل والنهار فى الزراعات المحمية، مع رفع الحرارة تدريجيًّا عند الانتقال من مستوى حرارة الليل إلى حرارة النهار.

٥- التسميد الأرضى الجيد بالكالسيوم، كما يفيد رش النباتات بكلوريد الكالسيوم.

٦- إجراء الحصاد قبل وصول الثمار إلى مرحلة التلون الوردى (Peet ١٩٩٢).

تشقق أديم الثمار

يختلف تشقق أديم الثمار Cuticle Cracking عن تشققات الثمار العمودية والدائرية التى أسلفنا بيانها، حيث تقتصر الشقوق على أديم الثمرة Cuticle فى الحالة الأولى، بينما تتعمق فى الغلاف الثمرى الخارجى outer pericarp فى الحالة الثانية.

وتُعرف ظاهرة تشقق أديم ثمرة الطماطم fruit cuticle cracking — كذلك — بالأسماء: russeting، و hair cracking، و swell cracking، و rain check، و crazing، و cuticle blotch.

يظهر تشقق الأديم فى صورة شقوق دقيقة مثل الشعرة يتراوح طولها بين ٠,١، و٢,٠ ملليمتر، وتكون قاصرة على طبقة الأديم والطبقات الأولى من البشرة، وتنتشر فى دوائر حول أثر عنق الثمرة، أو قد تتوجه فى كل الاتجاهات على جوانب الثمرة وطرفها الزهرى؛ مما يعطى سطح الثمرة مظهرًا شبكيًّا. تُكسب الظاهرة الثمار مظهرًا سيئًا وجلد خشن به أنسجة فلينية، ويقلل من قدرتها التخزينية.

يظهر التشقق الأديمى فى المرحلة الأخيرة من نمو الثمرة بعد نحو ٤٢–٤٩ يومًا من تفتح الزهرة. وفى دراسة على الطماطم الحقلية بدأ ظهور التشقق الأديمى فى ٢٪ من الثمار وهى ما زالت خضراء غير مكتملة التكوين، و٦١٪ وهى خضراء مكتملة التكوين، و٢٧٪ وهى فى طور التحول، و ١٠٪ وهى حمراء. وترتبط شدة الأعراض إيجابيًّا مع الفترة من بداية التشقق حتى بداية الحصاد؛ بما يعنى أن الحصاد فى طور التحول أو الطور الوردى يقلل من شدة التشقق الأديمى.

تكثر هذه الحالة فى الزراعات المحمية، كما تظهر — كذلك — فى الفلفل الحلو.

تتباين أصناف الطماطم فى مدى حساسيتها للإصابة بالتشقق الأديمى نظرًا لتباينها فى تركيب طبقتى أديم وبشرة الثمرة؛ فتتميز الأصناف المقاومة بزيادة فى سمك الطبقتين عما نجده فى الأصناف الحساسة، وفى زيادة مرونة جلد الثمرة، حتى فى المراحل الأخيرة من نموها، التى تزداد فيها فرصة الإصابة، والتى تقل فيها مرونة الجلد.

وقد تُسهم التباينات فى معدل نمو الثمار أثناء اليوم (الأمر الذى يحدث كنتيجة للتغيرات فى الوضع المائى للنبات، وحرارة الهواء) جوهريًّا فى ظهور حالة التشقق الأديمى.

ووجد أن تلك الحالة تزداد حدَّة فى الثمار الكبيرة الحجم عنها فى الصغيرة، وربما كان مرد ذلك إلى تعرض جلد الثمار الكبيرة لضغوط أكبر من داخلها.

ويرتبط حدوث الظاهرة بالوضع المائى فى الثمرة جراء التغيرات الجوية اليومية، كما تزداد فى الثمار عديمة المفصل jointless التى ينتقل الماء – منها وإليها – دون عوائق عما فى الثمار ذات المفصل فى عنقها.

وتزداد حدة الظاهرة مع ازدياد معدل انتقال الغذاء المجهز للثمرة؛ الأمر الذى يحدث عند انخفاض الحمل المحصولى، وعند زيادة شدة الإضاءة. وقد يؤدى زيادة تركيز السكر بالثمرة إلى زيادة انتقال الماء إليها؛ مما يزيد من حدة الظاهرة (Dorais وآخرون ٢٠٠٤).

العوامل المرتبطة بظاهرة التنشقق الأديمى

تزداد الإصابة بحالة التشقق الأديمى فى حالات: سقوط الأمطار قبل الحصاد بأسبوعين، وزيادة ملوحة التربة، وانخفاض حرارة الليل، وارتفاع الرطوبة الجوية، وتعرض الثمار لأشعة الشمس عما لو كانت مغطاة بالأوراق، وضعف الغطاء الورقى للثمار (عن Baker ١٩٨٨، و Emmons & Scott, ١٩٩٧و ١٩٩٨أ).

وتزداد المقاومة للإصابة بالظاهرة عند زيادة سمك الغلاف الثمرى الخارجى (الـ epicarp)، الذى يشمل البشرة epidermis، والكيوتكل cuticle (Emmons & Scott ١٩٩٨ ب).

ومن أهم الظواهر البيئية المؤثرة فى الظاهرة، ما يلى:

١– الضوء:

تزداد شدة الإصابة بزيادة شدة الإضاءة، وتقل عند تظليل النباتات.

٢- الحرارة:

تزداد شدة الإصابة بزيادة درجة الحرارة، وربما كان ذلك هو السبب الأساسى لتأثير التعرض للإضاءة القوية التى ترفع من حرارة الثمار؛ ذلك لأن ارتفاع حرارة الثمرة قد يؤدى إلى تمدد الغازات الداخلية بها؛ مما قد يسبب ضغطًا داخليًّا على طبقة الجلد. ولكن التأثير الرئيسى لارتفاع الحرارة يكون مرده – غالبًا – إلى زيادتها لعملية البناء الضوئى؛ ومن ثم وصول الغذاء المجهز إلى الثمرة، وإحداثه لضغط داخلى بها.

٣- الرطوبة النسبية:

تؤثر الرطوبة النسبية بصورة غير مباشرة على التشقق الأديمى من خلال تأثيرها على معدل النتح؛ ومن ثم الوضع المائى بالثمار؛ حيث يزداد إمداد الثمار بالماء ويزداد ضغطها الامتلائى turger pressure بارتفاع الرطوبة النسبية. ولنفس السبب فإن التبريد برذاذ الماء الدقيق (misting) فى البيوت المحمية يزيد من حدة الظاهرة.

٤- التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى الزراعات المحمية:

تقل شدة الظاهرة عند زيادة تركيز الغاز إلى ٧٨٥-٩٥٠ ميكرومول/لتر؛ وربما كان مرد ذلك إلى أن زيادة تركيز الغاز يؤدى إلى خفض نسبة الأوراق إلى الثمار نتيجة لزيادته لعدد الثمار التى يُنتجها النبات.

وسائل الحد من التشقق الأديمى

يمكن الحد من ظاهرة التشقق الأديمى بالتحكم فى الممارسات الزراعية، كما يلى:

١- المحافظة على توازن مناسب بين النموين الورقى والثمرى عند إجراء عمليتى خف العناقيد الثمرية والتوريق؛ نظرًا لأن الظاهرة تزداد حدتها عند الزيادة فى نسبة الأوراق إلى الثمار، علمًا بأن إزالة الأوراق السفلى التى وصلت إلى مرحلة الشيخوخة لا تأثير لها فى هذا الشأن.

٢–توفير الكالسيوم، وكذلك توفير البورون الذى يؤثر فى الكالسيوم الذى يترسب فى الصفيحة الوسطى؛ الأمر الضرورى للمحافظة على مرونة الخلايا ويتحقق ذلك برش النموات الخضرية بكلا العنصرين، أو رش العناقيد ذاتها، أو بتوفيرهما فى المحلول المغذى.

٣– التحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى:

بالتحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) يمكن التحكم فى مدى امتصاص النباتات للماء؛ ومن ثم تدفقه فى الثمار، وبالتالى معدل زيادة الثمار فى الحجم، ومدى الضغط الداخلى الذى يحدث فيها على طبقة الجلد. فمع زيادة درجة التوصيل الكهربائى تكون الثمار أصغر حجمًا، ويكون أديمها أسمك وأكثر مقاومة، ويقل ضغطها الامتلائى وتنخفض حساسيتها للتشقق الأديمى (Dorais وآخرون ٢٠٠٤).

خشونة الأكتاف

يظهر العيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم خشونة أو تصدعات الأكتاف shoulder checks على ثمار الطماطم على صورة خشونة بسطح الثمرة، تكون — أساسًا — عند الأكتاف؛ مما يقلل كثيرًا من مظهر الثمرة، كما يُخفِّض كثيرًا من قدرتها على التخزين. وتبين بالفحص المجهرى أن تلك الخشونة تتكون من تشققات مجهرية كثيرة تنتظم فى خطوط طولية.

يزداد ظهور تلك الحالة عند تجمع الرطوبة على أكتاف الثمار، ويقل ظهورها بالرش بكل من الكالسيوم (٢٠٠٠ جزء فى المليون) والبورون (٣٠٠ جزء فى المليون) مجتمعين (Huang & Snapp ٢٠٠٤).

لفحة الشمس

تظهر الإصابة بلفحة الشمس (أو لسعة الشمس) sunburn (تسمى أيضًا sun scald، وsun scorch) على الثمار والنموات الخضرية على حد سواء، ولكنها تكثر على الثمار، وتخفض كثيرًا من قيمتها التسويقية، وتضعف قدرتها على التخزين.

تصاب الثمار بلفحة الشمس عندما تتعرض وهى خضراء لأشعة الشمس القوية بصورة مباشرة، حيث يؤدى ذلك إلى رفع درجة حرارة النسيج المواجه للشمس ويتلون باللون الأبيض أو الأصفر، ويستمر على هذا الوضع، بينما تتلون بقية الثمرة بصورة طبيعية (شكل ٤-٤؛ يوجد فى آخر الكتاب). ولا يلبث النسيج المصاب أن ينكمش، وقد يتعرض للإصابة بالكائنات المسببة للعفن. وتكون الثمار أكثر عرضة للإصابة وهى فى مرحلة النضج الأخضر. وتحدث الإصابة سواء أكان التعرض للشمس قبل الحصاد أم بعده، كما تزداد حدة الإصابة فى الثمار التى تكون مغطاة بالنموات الخضرية، ثم تتعرض فجأة لأشعة الشمس القوية المباشرة نتيجة لممارسات زراعية خاطئة، مثل: قلب النباتات عند الحصاد، أو تعديلها عند العزق دون إعادتها لوضعها الذى كانت عليه قبل إجراء العملية.

وقد تصاب سيقان بادرات الطماطم بلفحة الشمس بمجرد ظهورها فوق سطح التربة، حيث تكون غضة وشديدة الحساسية لأشعة الشمس القوية. وتحدث الإصابة فى جانب الساق المواجه للأشعة القوية الساقطة عليه بعد الظهر. تزداد حدة الإصابة فى الأراضى المندمجة compact (حيث تكون جيدة التوصيل للحرارة) وعند ارتفاع الحرارة عن ٣٠°م. وتتشابه أعراض الإصابة فى البادرات مع أعراض مرض الذبول الطرى (أو تساقط البادرات)، إلا أن النسيج المصاب لا يكون مائى المظهر water-soaked كما فى الإصابة المرضية. وتتعرض الشتلات السليمة لأعراض مماثلة إذا سادت الجو حرارة عالية، وأشعة شمس قوية لعدة أيام بعد الشتل، حيث تتأثر أنسجة الساق القريبة من سطح التربة. وفى هذه الحالة تتشابه الأعراض مع أعراض مرض عفن الرقبة Collar Rot.

ويؤدى تعرض أوراق الطماطم الصغيرة الغضة لضوء الشمس القوى المباشر إلى ظهور مساحات ميتة ذات لون أبيض مصفر بين العروق. وتزداد حدة الإصابة عند وجود رطوبة حرة (ماء) على الأوراق. ولا تلبث الأنسجة المصابة أن تنكمش وتصبح ورقية الملمس.

وتزداد حدة إصابة الثمار بلفحة الشمس فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف الذى لا يغطى الثمار بصورة جيدة. ولا ينصح بزراعة هذه الأصناف إلا فى العروات التى لا تتعرض فيها الثمار لأشعة الشمس القوية.

٢- فى حالة التربية الرأسية للنباتات فى الزراعات المكشوفة.

٣- عندما تفقد النباتات جزءًا كبيرًا من أوراقها نتيجة للإصابات المرضية أو الحشرية.

٤- عندما تتعرض الثمار فجأة لأشعة الشمس القوية بسبب ممارسات زراعية خاطئة.

وللوقاية من إصابة الثمار بلسعة الشمس، يراعى ما يلى:

١- زراعة الأصناف ذات النموات الخضرية القوية التى تغطى الثمار بصورة جيدة، مع تجنب قلب النباتات عند الحصاد أو العزق، مع تركها — على هذا الوضع- حتى لا تتعرض الثمار للأشعة الشمسية بصورة فجائية.

٢- زراعة الأصناف التى توفر تظليلاً جزئيًّا للثمار، فتتعرض لأشعة الشمس بصورة تدريجية، وتكون أقل حساسية للإصابة.

٣- مكافحة الأمراض والحشرات بصورة جيدة حتى لا تُفقد النموات الخضرية التى تحمى الثمار من الشمس.

النضج المتبقع أو المتلطخ

تُعرف حالة النضج المتبقع أو المتلطخ blotchy ripening بأسماء عديدة أخرى، منها: التلون البنى الداخلى internal browning، والتلون البنى للحزم الوعائية vascular browning، والجدار الرمادى gray wall، والجدار الأبيض white wall،

ومظهر السحاب cloudiness، وغيرها. وتشير جميع هذه الأسماء إلى أعراض مميزة لهذه الحالة الفسيولوجية.

أعراض الجدر الرمادية والبيضاء والتلون البنى الداخلى

تظهر على سطح الثمار المصابة مناطق رديئة التلوين غير منتظمة الشكل، ولا يوجد حد فاصل بينها وبين باقى سطح الثمرة الذى يأخذ اللون الطبيعى للصنف. تبقى المناطق الرديئة التلوين بلون أخضر، أو أصفر، أو أحمر ضارب إلى الأصفر أو أحمر باهت، وتختلف هذه المناطق من بقع صغيرة متناثرة إلى مساحات كبيرة تشمل معظم سطح الثمرة.

كما تظهر بهذه الثمار من الداخل ثلاثة أنواع من الأنسجة: طبيعية حمراء، وبيضاء، وبنية. تكون الأنسجة البيضاء ملجننة وصلبة، وتحتوى على كميات كبيرة من النشا، وتنتشر الغازات بين خلاياها. تقابل هذه الأنسجة من الخارج مساحات غير مكتملة النضج تكون على شكل بقع غير ملونة، أو أكتاف صفراء أو خضراء، أو خطوط صفراء أو خضراء، أو حلقات صفراء، وتلك هى أكثر أنواع الأنسجة الداخلية ظهورًا. أما الأنسجة البنية فتنشأ من لجننة جدر الخلايا البرانشمية، ثم انهيارها وتغير لونها إلى اللون البنى. توجد هذه الأنسجة مصاحبة للأنسجة البيضاء لكنها لا توجد بمفردها، وهى أقل أهمية من الأنسجة البيضاء. وسواء أكانت الأنسجة الداخلية بيضاء أم بنية، فإنها تكون صلبة وتبقى كذلك حتى بعد أن تصبح الثمرة زائدة النضج (Sadik & Minges ١٩٦٦).

إن حالة الجدار الرمادى gray wall أو النضج المتبقع blotchy ripening تظهر فى نسيج جدر الثمرة وهى ما زالت خضراء اللون، وقد يشغل الجزء المتأثر أكثر من نصف سطح الثمرة. وإذا ما قُطعت الثمرة فى موقع الإصابة يظهر بجدرها الداخلية أنسجة داكنة اللون؛ مما يجعل اللون الخارجى مقابلها رمادى. وعند نضج الثمار تبقى

تلك المناطق صلبة وتتحول من الأخضر إلى الأصفر، وبذلك لا يكون نضج الثمرة متجانسًا. وقد اعتُبرت الأنسجة البيضاء فى الجدر الثمرية مرحلة مبكرة من الجدر الرمادية، ولكنها قد ترتبط بعيب فسيولوجى آخر هو النسيج الأبيض الداخلى internal white tissue.

ومن أهم العوامل المؤثرة فى ظهور حالة الجدر الرمادية، ما يلى:

١- غزارة التسميد الآزوتى.

٢- الإفراط فى الرى.

٣- نقص البوتاسيوم.

٤- التغيرات الشديدة فى درجة الحرارة بين النهار والليل.

أما الأنسجة البيضاء الداخلية فهى صفة وراثية تختلف باختلاف الأصناف وتتأثر بالعوامل البيئية، ولكنها تُنسب أحيانًا إلى حالة الجدر الرمادية. ومن المعتقد أن ظهور تلك الحالة يزداد شدة بنقص البوتاسيوم وبارتفاع درجة الحرارة.

مسببات النضج المتبقع أو غير المنتظم بأنواعه

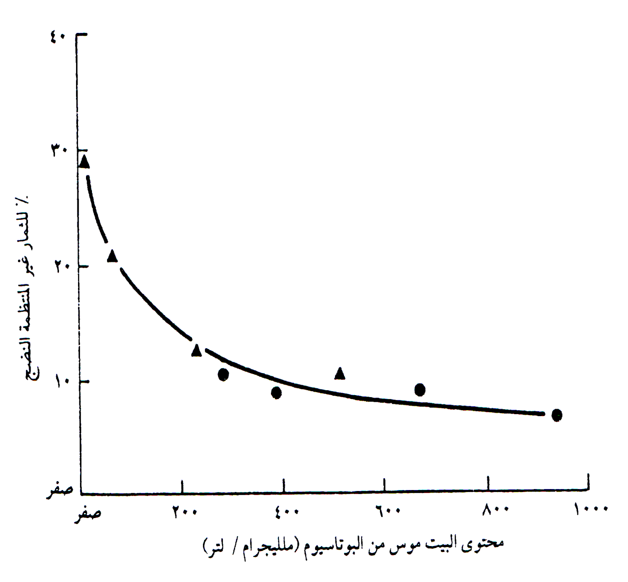
ذكرت مسببات عديدة لحالة النضج المتبقع، منها: نقص عناصر البوتاسيوم والنيتروجين والبورون، والإصابة بفيرس موزايك التبغ، والإصابة بالذبابة البيضاء، والتعرض لعوامل بيئية معينة، مثل: الحرارة المنخفضة، والإضاءة الضعيفة، والرطوبة النسبية العالية مع ارتفاع الرطوبة الأرضية، إلاّ أن معظم الأدلة تُشير إلى مسببين رئيسيين لهذه الظاهرة، أحدهما فسيولوجى وهو نقص عنصر البوتاسيوم، والآخر باثولوجى وهو تغذية حوريات حشرة الذبابة البيضاء من الطراز B البيولوجى (أو ذبابة البونسيتة البيضاء poinsettia white fly، وهى *Bemisia argentifolii*، وقد أُطلق عليها مؤخرًا اسم *Bemisi tabaci* Midde East Asia Minor1) وليس من الطراز A البيولوجى (أو ذبابة القطن أو البطاطا البيضاء cotton or sweet

potato whitefly، وهى *Bemisia tabaci*)، علمًا بأن الطراز B هو السائد حاليًّا فى معظم بلدان العالم التى تنتشر فيها الذبابة البيضاء.

فمن الدراسات المبكرة على مسببات الظاهرة يتضح ما يلى:

١- تأكدت علاقة نقص عنصر البوتاسيوم بحالات الجدر الرمادية والجدر البيضاء (Hyslip & Iley ١٩٦٧، و Ozbun وآخرون ١٩٦٧)، حيث حدثت زيادة فى نسبة الأنسجة البيضاء عند زراعة الطماطم فى مزارع رملية، وريها بمحلول مغذٍّ يحتوى على تركيز منخفض من البوتاسيوم. وقد اتضح من هذه الدراسة وجود ارتباط معنوى سالب بين الأنسجة البيضاء، ومحتوى أعناق الأوراق من البوتاسيوم. وتزداد حدة الإصابة عندما يصاحب نقص البوتاسيوم ارتفاع أو انخفاض فى درجة الحرارة عن المجال المناسب. وقد اتضح من دراسة أجريت على ٨٠٠ مزرعة طماطم محمية — فى نيوزيلندا — وجود ارتباط سالب بين الإصابة بالنضج المتبقع، ومستوى البوتاسيوم فى التربة (Smith ١٩٦٨)؛ حيث ازدادت حدة الحالة مع ازدياد النقص فى التسميد البوتاسى، وصاحب ذلك أيضًا نقص تراكم البوتاسيوم فى الجدر الثمرية (Picha & Hall ١٩٨١). وتزداد حدة المرض عند نقص نسبة البوتاسيوم إلى الكاتيونات الأخرى خاصة الكالسيوم. وتزداد الحالة وضوحًا عند نقص الرطوبة الأرضية (Boon ١٩٧٣).

ويبين شكل (٤-٥) العلاقة العكسية التى تظهر بين تركيز البوتاسيوم فى الوسط الذى تنمو فيه النباتات (وهو بيئة قوامها البيت موس فى هذه الحالة) ونسبة الثمار الناتجة التى تصاب بالنضج المتبقع.



شكل (٤-٥): تأثير مستوى البوتاسيوم فى البيت موس (وسط الزراعة) الذى تنمو فيه نباتات الطماطم وبين نسبة الإصابة بالنضج المتبقع فى الثمار المنتجة (عن Adams ١٩٨٦).

وفى دراسة أجريت على ١٤٠ حقلاً من حقول طماطم التصنيع فى وسط كاليفورنيا لم تظهر أية علاقة بين التغذية بالبوتاسيوم (البوتاسيوم الميسر للامتصاص ومستوى البوتاسيوم بالأوراق فى منتصف موسم النمو) وبين كل من لون العصير الثمرى، والمواد الصلبة الذائبة، ولكن ظهرت علاقة سلبية بين نسبة الثمار المصابة بالأكتاف الصفراء وبالأنسجة البيضاء الداخلية (منفردين أو مجتمعين — والتى تراوحت من صفر٪ إلى ٦٨٪ فى مختلف الحقول) وبين مستوى البوتاسيوم فى كل من التربة والنبات. وقد كانت نسبة أيون البوتاسيوم المتبادل (K^+) إلى نسبة الجذر التربيعى لأيون المغنيسيوم (Mg^{2+}) المتبادل ($K/\sqrt{Mg}$) هى المقياس لتيسر البوتاسيوم الأكثر ارتباطًا بمجموع نسبة الإصابة بالتلونات غير الطبيعية (الأكتاف الصفراء + الأنسجة البيضاء الداخلية)، وقد أدت إضافة أى من الجبس أو البوتاسيوم (لأجل زيادة النسبة $K/\sqrt{Mg}$) إلى خفض معدلات الإصابة بكلا العيبين الفسيولوجيين (Hartz وآخرون ١٩٩٩أ، و ١٩٩٩ب).

٢- ازدادت نسبة الإصابة بالثمار غير المنتظمة النضج من ١٥٪ إلى ٤٥٪ مع نقص عنصر البورون (Adams ١٩٨٦).

٣- لم يمكن التوصل إلى نتائج مؤكدة بشأن تأثير نقص أو زيادة عنصر النيتروجين على الظاهرة، وربما يلعب التوازن بين الكربون والنيتروجين دورًا أهم فى هذا الشأن؛ نظرًا لتأثر الظاهرة بكل من شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية، كما سيأتى بيانه. وتأكيدًا لذلك.. ذكر Kanahama (١٩٩٤) أن تلون الأنسجة الوعائية داخل ثمرة الطماطم باللون البنى يحدث عندما تنخفض نسبة الكربون إلى النيتروجين فى النبات، كما فى حالات الإضاءة الضعيفة المصحوبة بالتسميد الآزوتى الغزير.

٤- ذُكِرَ أن حالة النضج المتبقع تزداد ظهورًا فى ظروف الحرارة المنخفضة، والإضاءة الضعيفة أو التظليل، وعند ارتفاع الرطوبة النسبية؛ فقد لوحظ ظهور نسبة أكبر من الإصابة فى ثمار العناقيد الأولى التى يزداد فيها التظليل بواسطة النموات الخضرية، وأن التظليل أدى إلى زيادة ظهور الجدر الرمادية (Doolittle ١٩٦١). وقد ازدادت الحالة سوءًا عند ارتفاع الرطوبة النسبية مع التظليل، إلاّ أن الرطوبة النسبية العالية لم تؤثر أبدًا عندما صاحبتها إضاءة جيدة (Kidson ١٩٥٦).

٥- على الرغم من تكرر الإشارة إلى فيرس موزايك التبغ كمسبب للظاهرة (Phillip وآخرون ١٩٦٦، و Boyle ١٩٧١)؛ نظرًا لتسبب الإصابة بالفيرس فى إحداث أعراض يتشابه بعضها مع بعض الأعراض المعروفة للظاهرة.. على الرغم من ذلك فلا توجد علاقة مؤكدة بين حالة النضج المتبقع والإصابة بالفيرس، خاصة وأن أعراض الإصابة بالجدر الرمادية يمكن أن تظهر على نباتات غير مصابة بالفيرس. كما تتباين تفاصيل الأعراض الخارجية والداخلية بين حالتى الإصابة بالفيرس (ظهور مناطق بنية داكنة غاثرة على أكتاف الثمرة، وظهور جدر رمادية وتلون بنى داخلى) وبين أعراض الظاهرة (تكون الأكتاف الثمرية ملساء وتظهر أعراض الجدر الرمادية داخليًّا، وتتميز بأنه توجد

بها أنسجة متحللة على شكل خطوط فى الحزم الوعائية) (Murakishi ١٩٦٠، و Stall وآخرون ١٩٧٠، و Boule ١٩٧١).

لا توجد وسيلة لعلاج الثمار المصابة بالنضج المتبقع لأسباب فسيولوجية، إلاّ أنه يمكن الوقاية من الإصابة باتباع وملاحظة ما يلى:

١- عدم زراعة الأصناف الشديدة الحساسية للإصابة فى الظروف المساعدة على ظهورها، مثل: أصناف فلوراديل Floradel، وفايربول Fireball.

٢- التسميد البوتاسى الجيد، وخاصة عند قِصَرَ الفترة الضوئية.

٣- تجنب المعاملات الزراعية المؤدية إلى النمو الخضرى الغزير الذى يعمل على تظليل الثمار.

٤- تجنب زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة.

٥- أما الدراسات الحديثة فإنها تؤكد علاقة تغذية حوريات الذبابة البيضاء من الطراز B بالظاهرة.

إن شدة أعراض عدم انتظام نضج ثمار الطماطم ترتبط إيجابيًّا — خاصة الأعراض الخارجية منها — مع كثافة أعداد حوريات وعذارى الذبابة التى تم حصرها بالوريقة الطرفية للورقة السابعة إلى الثامنة من قمة الساق الرئيسى أو الفرعى (Schuster ٢٠٠١).

فقد أدى تعرض نباتات الطماطم (أجريت الدراسة على الصنف الشيرى Florida Petite) للإصابة بسلالة الأوراق الفضية من الذبابة البيضاء (*Bemisia argentifolii*) إلى ظهور أعراض النضج المتلطخ والتخطيط على الثمار، واكتسابها لونًا أحمر ضارب إلى البرتقالى. كانت تلك الثمار أكثر صلابة بنحو ١٩٪ عن ثمار الكنترول التى لم تتعرض للإصابة بالذبابة. وعلى الرغم من أن الإصابة لم تؤثر جوهريًّا فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، فإن قياسات الحموضة المعايرة والـ pH أفادت بأنها كانت أكثر

حموضة عن ثمار نباتات الكنترول التى لم تتعرض للإصابة بالذبابة. ومورفولوجيًّا.. أظهرت الثمار التى تعرضت نباتاتها للإصابة بالذبابة البيضاء أعراض النضج غير المنتظم irregular ripening خارجيًّا (فى صورة تلطخات blotches — شكل ٤–٦؛ يوجد فى آخر الكتاب؛ وتخطيط streaking) وداخليًّا (فى صورة أنسجة بيضاء — شكل ٤–٧؛ يوجد فى آخر الكتاب)، مع ظهور نظام للتلوين على شكل نجمة عند الطرف الزهرى للثمرة. هذا.. بالإضافة إلى أن النضج كان أبطأ فى الثمار التى تعرضت نباتاتها للإصابة بالذبابة عما فى ثمار الكنترول (Hanif-Khan وآخرون ١٩٩٩).

عندما تعرضت نباتات الطماطم للإصابة بالذبابة البيضاء ابتداء من وقت تكوينها لخمس إلى سبع أوراق أو ابتداء من وقت التزهير فإن جميع الثمار تقريبًا (٩٩٪) ظهرت عليها أعراض الإصابة بالنضج المتلطخ، وكانت قد بلغت فترة التعرض للذبابة ٧٨، و٥٦ يومًا فى الحالتين، على التوالى. هذا بينما كانت نسبة الإصابة بالنضج المتلطخ ٨٠٪ عندما كانت بداية التعرض للذبابة عند طور الثمار الخضراء واستمر — حتى اكتمال الحصاد — لمدة ٣٥ يومًا، وكانت نسبة الإصابة ٥٨٪ عندما كانت بداية التعرض للذبابة عند طور التحول والنضج الأحمر، وكان استمرار التعرض لمدة ١٤ يومًا. ويُستفاد من ذلك أن الطماطم ينبغى حمايتها من التعرض للإصابة بالذبابة البيضاء حتى الحصاد لتجنب إصابتها بالنضج المتلطخ (McKenzie & Albano ٢٠٠٩).

وتُظهر ثمار الطماطم المصابة بالنضج غير المنتظم irregular ripening — الناتج عن تغذية الذبابة البيضاء *Bemisia argentifollii* على النباتات — تُظهر تأخرًا فى النضج، ولا يحدث فيها كلايمكترك لا فى معدل التنفس ولا فى إنتاج الإثيلين، كما لا تحدث فيها تغيرات لونية جيدة، ولا تفقد صلابتها بنفس درجة فقد ثمار النباتات الخالية من الإصابة بالذبابة البيضاء لصلابتها؛ فقد وجد أن ثمار صنف الطماطم Florida Petite التى أنتجتها نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بدأت الدخول فى كلايمكترك فى إنتاج الإثيلين بين ٤٠، و٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، وكان ذلك مصاحبًا

بزيادة سريعة فى التلون بالأحمر وفى فقد الصلابة، بينما بدأ كلايمترك إنتاج الإثيلين بين ٤٥، و٥٠ يومًا من تفتح الزهرة بالنباتات التى أصيبت بالذبابة، ولم تتلون ثمارها باللون الأحمر بنفس الدرجة، ولا فقدت تلك الثمار صلابتها بنفس السرعة التى حدثت بها فى ثمار النباتات الخالية من الإصابة بالذبابة. وقد وصلت الثمار التى قطفت من نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بعد ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة إلى قمة كلايمكترك التنفس وإنتاج الإثيلين بعد ثلاثة أيام من القطف، واكتسبت اللون الأحمر الطبيعى وفقدت صلابتها بصورة مماثلة للثمار التى تركت لتنضج على النبات. وفى المقابل.. فإن الثمار التى حُصدت من النباتات المصابة بالذبابة بعد ٤٥، أو ٥٠، أو ٥٥ يومًا من تفتح الزهرة لم تُظهر كلايمكترك تنفسى أو فى إنتاج الإثيلين، ولم تتلون بشكل جيد، كما لم تفقد صلابتها بنفس درجة فقد الصلابة فى الثمار المماثلة التى قطفت من ثمار خالية من الإصابة بالذبابة (McCollum وآخرون ٢٠٠٤).

ولا تختفى الأعراض الداخلية لعدم انتظام النضج الناشئة عن تغذية الذبابة البيضاء *B. argentifollii* حتى بعد تخزين الثمار بعد الحصاد. هذا.. إلاّ أن الأعراض الخارجية يمكن أن تختفى مع اكتمال نضج الثمار؛ بما يعنى أن الثمار قد تبدو طبيعية من الخارج، بينما تكون مصابة بعدم انتظام النضج داخليًّا، وهو الذى يكون على صورة تلون أبيض وأصفر بلحم الثمرة داخليًّا (Powell وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ولا توجد وسيلة لتجنب الإصابة بالنضج المتبقع الذى يكون مرده إلى تغذية الذبابة البيضاء *B. argentifollii* إلاّ بتجنب إصابة النباتات بالذبابة؛ وهو الأمر الذى نتناوله بالشرح فى الفصل السادس.

البقع الغائمة

يظهر على ثمار الطماطم — أحيانًا — ما يعرف باسم البقع الغائمة cloudy spots، وهى عبارة عن بقع بيضاء أو صفراء اللون غير منتظمة الشكل تتواجد تحت

جلد الثمرة مباشرة؛ بسبب تغذية البقة المُنْتِنَة stink bug، وهى التى تفرز عند تغذيتها إنزيمًا يمنع التلون الطبيعى للثمرة فى موضع التغذية (جامعة بوردو Purdue — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وتؤدى مكافحة البقة إلى منع حدوث الظاهرة.

الكتف الأصفر أو القمة الصفراء

تعد ظاهرة القمة الصفراء yellow top أو الكتف الأصفر yellow shoulder (شكل ٤-٨؛ يوجد فى آخر الكتاب) إحدى مظاهر النضج المتبقع، ولكنها حالة خاصة، حيث لا تظهر إلا على ثمار الأصناف ذات الأكتاف الخضراء القاتمة قبل النضج، وهى التى تحمل الجين السائد (G) المسئول عن تلك الصفة. ولا يعنى ذلك أن جميع الأصناف ذات الأكتاف الثمرية الخضراء القاتمة قبل النضج تظهر عليها هذه الحالة عند النضج؛ إذ لابد أن تتعرض ثمارها إلى ظروف بيئية خاصة لكى تظهر عليها أعراض هذه الحالة الفسيولوجية.

وتظهر حالة القمة الصفراء على صورة تلون أصفر أو أصفر برتقالى على كتف الثمرة فى مساحة تكون حوافها محددة وواضحة عن الأنسجة مكتملة التلوين المجاورة لها. ولا تكتسب الأنسجة الصفراء لونًا أحمر ولو بعد فترة طويلة من التخزين. وتتراوح مساحة الجزء المتأثر من الثمرة من مجرد عدة ملليمترات تكون مجاورة لعنق الثمرة إلى نصف سطح الثمرة من جهة العنق. وتكون الجدر الثمرية المحيطية الفاصلة بين المساكن — فى هذه الثمار — بيضاء اللون.

تظهر حالة الأكتاف الصفراء لدى تعرض ثمار بعض الأصناف لفترات طويلة من الإضاءة القوية وحرارة تزيد عن ٢٩°م؛ حيث يتوقف تمثيل صبغة الليكوبين الحمراء؛ فتظهر صبغة الكاروتين الصفراء عند الأكتاف، وخاصة فى الأصناف ذات الأكتاف الخضراء (التى يكون اللون الأخضر بأكتافها أشد قتامة وهى خضراء)، وهى التى يكون

تأثرها بالطاقة الشمسية أشد. وتُعرف هذه الحالة – كذلك – بالاصفرار الشمسى solar yellowing نظرًا لأن الأشعة الشمسية القوية هى السبب الرئيسى فى ظهورها.

هذا.. وتزداد الإصابة بهذه الحالة عند نقص البوتاسيوم، ويمكن بزيادة معدل التسميد البوتاسى عما يلزم للحصول على أعلى محصول تجنب ظهور ذلك العيب الفسيولوجى.

وتؤدى ظاهرة اصفرار الأكتاف yellow shoulder فى ثمار الطماطم إلى انخفاض محتواها من الليكوبين بنسبة ١٨٪ ومن البيتاكاروتين بنسبة ٢٢٪ (Darrigues وآخرون ٢٠٠٨).

كذلك وجد أن الأكتاف الصفراء يزداد ظهورها فى ظروف الرطوبة النسبية العالية، ونقص البوتاسيوم (Picha ١٩٨٧).

ولتجنب تلك الظاهرة يوصى فى حالة زيادة شدة الإضاءة وارتفاع الحرارة خلال موسم الحصاد بحصاد الأصناف ذات الأكتاف الخضراء القاتمة قبل تلونها.

هذا.. وتقل فرصة الإصابة بالأكتاف الصفراء (وهى الظاهرة التى تعرف – كذلك – أحيانًا بالأكتاف الخضراء والجدر الرمادية والأنسجة الداخلية البيضاء) عندما تكون التربة بالمواصفات التالية:

١– يتراوح الـ pH فيها من ٦ إلى ٦,٨.

٢– تزيد فيها نسبة المادة العضوية عن ١,٥٪.

٣– يزيد فيها نسبة البوتاسيوم المتبادل عن ٢٠٠ جزء فى المليون.

٤– تزيد فيها نسبة البوتاسيوم (بالمللى مكافئ/١٠٠جم) إلى (الجذر التربيعى) للمغنيسيوم (بالمللى مكافئ/١٠٠جم) عن ٠,٣٥؛ وهى ما تعرف باسم نسبة هارتز Hartz Ratio.

٥- يزيد فيها نسبة الفوسفور الميسر عن ٣٥ جزءًا فى المليون.

٦- تزيد فيها نسبة السعة التبادلية الكاتيونية المشغولة بالبوتاسيوم عن ٤٪.

وتجدر الإشارة إلى أن الإفراط فى التسميد بأى من البوتاسيوم أو المغنيسيوم أو الكالسيوم يمكن أن يؤثر سلبيًّا على التوازنات المبينة أعلاه.

ندوب الطرف الزهرى ووجه القط وتشوهات الثمار

تظهر ندوب الطرف الزهرى Blossom End Scars على ثمار الطماطم فى صورة نسيج فلينى فى جانب الثمرة البعيد عن العنق. وقد يحتوى هذا النسيج على قنوات تمتد — عادة — فى داخل الثمرة حتى المساكن. تشوه هذه الأعراض مظهر الثمرة وتقلل من قيمتها التسويقية، كما أنها تجعل الطرف الزهرى للثمرة أكثر حساسية للخدوش. وقد ترشح سوائل الثمرة من خلال القنوات الممتدة إلى المساكن، وتشكل منفذًا لمسببات أعفان الثمار؛ الأمر الذى يقلل كثيرًا من قدرة الثمرة على التخزين بعد الحصاد.

ويعد وجه القط Catfacing (شكل ٤-٩)؛ يوجد فى آخر الكتاب) حالة شديدة من ندوب الطرف الزهرى، تتضمن — عادة — ندوبًا كبيرة مع طرف زهرى مشوه، وعدم انتظام فى شكل الثمار.

وتظهر أعراض وجه القط — أحيانًا — عندما تتضاعف الأعضاء الزهرية فى الزهرة الواحدة، وتتلاصق وتتلاحم — وخاصة المساكن وقلم الزهرة — وهى إحدى صور الظاهرة المعروفة باسم fasciation. وبينما تتحور معظم الأسدية المتضاعفة إلى بتلات، ويكون التلقيح سيئًا، فإن الأمتعة المتضاعفة تعطى — عند نموها — ثمارًا مركبة تظهر عليها أعراض وجه القط. وتظهر أعراض وجه القط أيضًا فى الثمار الكبيرة التى تتضاعف مساكنها عندما يفشل غلاف الثمرة فى إحاطتها بصورة كاملة عند الطرف الزهرى؛ مما يجعل نموها غير طبيعى فى هذه المنطقة (Walter ١٩٦٧). وتبدو الثمار المصابة وبها انحناءات، وبروزات كبيرة ومتزاحمة فى الطرف الزهرى، وتفصل بينها ندوب أو آثار

نمو scars، كما تمتد بينها فجوات عميقة إلى داخل الثمرة. وقد تمتد الندوب على جوانب الثمرة (Sikes & Coffey ١٩٧٦).

وإلى جانب ندوب الطرف الزهرى ووجه القط، فإن من التشوهات الأخرى التى تظهر بثمار الطماطم، ما يلى: الثمار الهرمية Triangular fruits، والثمار المستدقة، والندوب الشبيهة بالسرة Navel-like Scars، والفراولة (الثمار الشبيهة بثمرة الفراولة) Straw-berry، وهى تنشأ من مبيض منشق.

هذا.. وترتبط جميع حالات تشوه ثمار الطماطم بزيادة أعداد المساكن فى مبيض الزهرة؛ وهو الأمر الذى يحدث عند تعرض النباتات فى المراحل المبكرة من نموها (التى تتوافق مع تكوين الأوراق الحقيقية الثانية إلى الرابعة) لحرارة منخفضة (٦-٩ °م) لمدة ١٠-٢٠ يومًا (Saito & Ito عن Barten وآخرين ١٩٩٢، و Mametsuka وآخرون ١٩٩١).

وتأخذ ثمار الطماطم المستدقة pointed fruit الشكل القمعى بدلاً من الكروى. يكثر ظهور تلك الحالة فى الموسم الشتوى، ويكون مردها إلى النمو غير المتساوى للغرف الثمرية؛ حيث تختفى المشيمة والبذور والمادة الجيلاتينية من مسكن واحد أو أكثر (Tomer وآخرون ١٩٩٨).

تزداد شدة الإصابة بوجه القط ومختلف التشوهات الأخرى فى ثمار الطماطم فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات الثمار غير المنتظمة (أى المفصصة) مثل مارمند.

٢- عندما يكون الإزهار وعقد الثمار فى الجو البارد، ويحدث ذلك فى بعض الأصناف، مثل أوريت.

٣- فى ثمار العنقود الأول الذى تكثر بأزهاره ظاهرة الـ Fasciation – خاصة فى الجو البارد – حيث يؤدى عقد هذه الأزهار عند معاملتها بمنظمات النمو إلى إنتاج نسبة

عالية من الثمار المصابة بوجه القط، علمًا بأن هذه الثمار لا تظهر إذا تركت النباتات بدون معاملة، وذلك لأنها لا تعقد طبيعيًّا فى الجو البارد.

وتؤكد مختلف الدراسات على أن تشوهات الثمار لا تحدث إلا عند تعرض النباتات لحرارة منخفضة قبل تميز الأزهار مباشرة، أو بعد ذلك بقليل (Mametsuka وآخرون ١٩٩١).

ويذكر Barten وآخرون (١٩٩٢) أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة ١٠ ْم لمدة ٥ أيام، أو لحرارة ١٨ ْم نهارًا و ١٠ ْم ليلاً لمدة ٦ أيام خلال المراحل المبكرة لتميز الأزهار أدى إلى زيادة شدة الإصابة بندوب الطرف الزهرى. وكانت أكثر مراحل النمو البرعمى حساسية للحرارة المنخفضة هى التى تسبق تفتح الأزهار بنحو ٢٦ إلى ١٩ يومًا.

هذا.. ويزداد تأثير الحرارة المنخفضة — فى إحداث الظاهرة — فى الأصناف التى تكون ثمارها متعددة المساكن multilocular عنه فى الأصناف التى تكون ثمارها محدودة العدد (٢–٤) من المساكن.

٤– تحدث ظاهرة وجه القط عند معاملة النباتات بحامض الجبريلليك أثناء تكوين مبايض الأزهار؛ حيث تؤدى المعاملة إلى إحداث تضاعف وانفصال فى مبايض الأزهار (عن Kanahama ١٩٩٤).

وقد تمكن Wien & Zhang (١٩٩١) من التمييز بين أصناف الطماطم التى تحدث فيها ظاهرة وجه القط بكثرة، والأصناف الأكثر مقاومة لها، برش النباتات عند الشتل — ثم بعد ثمانية أيام أخرى — بحامض الجبريلليك بتركيز ٥ إلى ٥٠ ميكرومولارًا. أحدثت هذه المعاملة زيادة كبيرة فى نسبة الإصابة بوجه القط فى الأصناف الحساسة، بينما كانت قليلة التأثير على الأصناف المقاومة. وفى دراسة أخرى استعمل Wien &Turner (١٩٩٤ أ) هذه الطريقة — بنجاح — فى تقييم أصناف الطماطم للتعرف على مدى حساسيتها أو مقاومتها للظاهرة تحت ظروف الحقل.

الجيوب

تظهر أعراض الإصابة بالجيوب أو المساكن الفارغة Puffiness على شكل فجوات داخلية فى الثمار، توجد فى المساكن – مكان المشيمة – التى يقل أو ينعدم وجودها أحيانًا حسب شدة الحالة. ولا تختلف الثمار المصابة عن الثمار السليمة فى سمك الجدر الثمرية الخارجية، أو الداخلية التى تفصل بين المساكن (Kedar & Palevitch ١٩٧٠). وتكون الثمار المصابة خفيفة الوزن ومضلعة؛ فيكون سطح الثمرة أقل استدارة فوق كل مسكن، وتكون حدود الأضلاع واضحة عند موضع الجدر الفاصلة بين المساكن. تتلون الثمار المصابة بصورة طبيعية، ولا تظهر بها أية أعراض أخرى (Doolittle وآخرون ١٩٦١)، كما تكون أقل وزنًا، وسهلة الفصل عن الثمار السليمة باختبار الطفو فى الماء.

تختلف أصناف الطماطم فى استعدادها الوراثى للإصابة بالجيوب.

ويزداد ظهور حالة الجيوب فى الحالات التالية:

١– عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن المجال المناسب للعقد الجيد للثمار، حيث يسوء التلقيح، ولا تنمو أنسجة الشيمة بصورة جيدة بعد العقد.

٢– عند محاولة تحسين العقد فى الظروف السابقة بمعاملة الأزهار بالأوكسينات.

٣– عندما تتعرض النباتات للتظليل بعد الإزهار (Kedar & Palevitch ١٩٧٠).

وللوقاية من الإصابة بالجيوب يوصى بعدم زراعة الأصناف الحساسة فى الظروف غير المناسبة للتلقيح والعقد الجيدين، ويجب عدم الإفراط فى التسميد الآزوتى، مع العناية بالتسميد الفوسفاتى. كما وجد أن التسميد بالمغنيسيوم يقلل أحيانًا من نسبة الثمار المصابة بالجيوب (Adams ١٩٨٦).

العقد الجاف

يُلاحظ أن عقد عدد من الثمار يؤدى إلى توقف نمو الأزهار المخصبة فى نفس العنقود الزهرى، أو فى العناقيد التالية له. كما يؤدى العقد فى بعض الحالات إلى نقص نمو الساق؛ مما يؤثر على سرعة تكوين العناقيد الزهرية الجديدة.

وتشاهد هذه الظواهر أحيانًا فى بعض الزراعات التى لا تُعطى النباتات فيها كافة احتياجاتها من العناصر الغذائية بالتسميد، وكذلك عند ارتفاع مستوى الملوحة بالتربة. فتحت هذه الظروف نجد أن النباتات تعانى من حالة ضعف عام، ويقل فيها عدد الثمار العاقدة بكل عنقود؛ كما يتوقف نمو بعض الثمار العاقدة، وهى الحالة التى تعرف علميًّا باسم dry set. إلاّ أن هذه الظواهر لا تشاهد إطلاقًا فى الزراعات التى تأخذ احتياجاتها من عمليات الخدمة البستانية، والتى تتوفر لها الظروف البيئية المناسبة للنمو. فتحت هذه الظروف قد يحمل العنقود الواحد أكثر من ١٥ ثمرة فى بعض الأصناف، كما تعقد ثمار جميع العناقيد بالتوالى دون أن تؤثر فى بعضها البعض.

كما يحدث — أحيانًا — تحت ظروف الحرارة المنخفضة والإضاءة الضعيفة أن تعقد بعض ثمار الطماطم بدون تلقيح أو إخصاب. تبقى هذه الثمار — غالبًا — صغيرة وتعرف — كذلك — باسم العقد الجاف. وإذا كبرت الثمار فى الحجم حتى يصل قطرها إلى ٣ سم — ثم تلونت — فإنها تعرف باسم "شات" Chat Fruits.

البثور الذهبية

تظهر أحيانًا على ثمار الطماطم غير الناضجة، أو الخضراء الناضجة بثورًا مستديرة أو مطاولة، أو غير منتظمة الشكل، لونها أخضر أو أبيض، وتتوزع دون انتظام على كل سطح الثمرة. تتلون هذه البثور بلون أصفر ذهبى عند النضج سواء أتلونت الثمار قبل الحصاد أم بعده، وتعرف باسم البثور الذهبية gold flecks، وعندما تنضج الثمار على النبات، فإن البثور الصفراء قد تتطور إلى بقع متحللة رصاصية اللون (وتعرف هذه الحالة باسم جدرى الثمار Fruit Pox) وتقلل الحالة الأخيرة من نوعية الثمار، كما قد تشكل البقع المتحللة منفذًا للكائنات التى تؤدى إلى تعفنها.

وتعتبر هذه حالة فسيولوجية تختلف باختلاف الأصناف، إلا أن ظهورها يتناسب عكسيًّا مع نسبة المادة الجافة فى الثمار. وعليه.. تزداد حدة الإصابة فى شهور الشتاء

عندما تقل نسبة المادة الجافة فى الثمار، بينما يحدث العكس خلال شهور الصيف، حيث تقل الإصابة، وتزداد نسبة المادة الجافة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

وقد وجد Nukaya وآخرون (١٩٩٥) أن البثور الذهبية يقل ظهورها بزيادة نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى المحاليل المغذية. ومن المعروف أن زيادة البوتاسيوم يكون على حساب امتصاص النبات لعنصر الكالسيوم.

وتجمع الدراسات على أن هذه الظاهرة — التى تزداد فى الرطوبة النسبية العالية وعند زيادة التسميد بالكالسيوم — تحدث بسبب تراكم الكالسيوم فى الثمار بتركيزات عالية. وقد تبين وجود الكالسيوم بتركيزات عالية فى الخلايا التى توجد فى مواقع البثور. كذلك وجد de Kreij وآخرون (١٩٩٢) أن هذه الخلايا تحتوى على تركيزات عالية من أوكسالات الكالسيوم.

ويستدل من دراسات Nukaya وآخرين (١٩٩٥) أن زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى — تدريجيًّا — من صفر إلى ٢ مللى مكافئ/لتر أحدثت زيادة مماثلة فى إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى،ونقص فى إصابتها بالبثور الذهبية، مع نقص كذلك فى محتواها من الكالسيوم، وكان هذا النقص فى الكالسيوم مرتبطًا بالنقص فى الإصابة بالبثور الذهبية، كما كانت العلاقة عكسية بين شدة الإصابة بكل من تعفن الطرف الزهرى والبثور الذهبية.

ويمكن الحد من هذه الظاهرة التى تحدث نتيجة لفرط ترسب بلّورات أوكسالات الكالسيوم تحت جلد الثمرة مباشرة أثناء نضجها، وذلك بمراعاة ما يلى:

١– التحكم فى امتصاص النباتات للكالسيوم ليكون بالقدر الأمثل:

إن السبب الرئيسى لحالة البقع الذهبية هو وفرة الكالسيوم المتاح للتغذية؛ وهو الإجراء الذى يتخذ — غالبًا — فى المزارع المائية لأجل تجنب نقص العنصر. ولقد وجد أن خفض تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية من ٢٥٠ إلى ١٢٠ جزءًا فى المليون

يؤدى إلى الحد من ظهور هذا العيب الفسيولوجى. كذلك يمكن الحد من الظاهرة بزيادة وفرة أى من النترات أو الأمونيوم أو البوتاسيوم فى المحلول المغذى، أو بزيادة ملوحته، ولكن مع مراعاة الحرص الشديد؛ لأن كل تلك الإجراءات قد تقلل كثيرًا من امتصاص الجذور للكالسيوم؛ ومن ثم ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى، ويتحقق الأجراء الأمثل بتوفير الظروف المناسبة لعمل الجذور، مثل التهوية الجيدة والحرارة المعتدلة.

٢- تقليل ترسب الكالسيوم فى صورة أكسالات كالسيوم:

يزداد ظهور حالة البقع الذهبية - كذلك - عند زيادة الرطوبة النسبية وارتفاع الحرارة؛ ذلك لأن الرطوبة العالية تحد من النتح؛ ومن ثم يزداد توفر الكالسيوم للثمار.

هذا.. إلاّ أن حالة البقع الذهبية يمكن أن يزداد ظهورها فى الحرارة العالية حتى ولو لم يتغير تركيز الكالسيوم بالثمار؛ بما يفيد باحتمال أن يكون للحرارة العالية تأثيرًا مباشرًا على ترسب أوكسالات الكالسيوم. وبتجنب الحرارة العالية وزيادة توفر الكالسيوم فإنه يمكن الحد من ظاهرة البقع الذهبية (Ho ١٩٩٨).

وبالإضافة إلى الأسباب التى أسلفنا بيانها.. فإن الترقط أو التبرقش الذهبى gold fleck - الذى يظهر فى صورة نقاط ذهبية اللون - قد يحدث نتيجة لتغذية العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* على الثمار، وتتناسب شدة الضرر بالثمار طرديًّا مع طول فترة تغذية العنكبوت الأحمر عليها (Meck وآخرون ٢٠١٢).

أضرار البرودة

يؤدى تعريض ثمار الطماطم لدرجات حرارة أقل من ١٠ °م إلى فقدها لصلابتها، وتعرضها للإصابة بالفطريات التى تسبب العفن، وإلى عدم تلونها إن كانت خضراء. وتعرف هذه الأعراض بأضرار البرودة chilling injury. وهى تحدث سواء أتم التعرض للحرارة المنخفضة قبل الحصاد، أم أثناء الشحن، أم التسويق، أم فى الثلاجات المنزلية. ويكون تأثير البرودة متجمعًا، حيث لا تتحمل الثمار الخضراء التعرض لدرجة

حرارة تقل عن ١٠ ْم لمدة تزيد عن ٤٠٠ ساعة. ويعتقد أن أضرار البرودة ترجع إلى زيادة نفاذية الأغشية الخلوية فى الحرارة المنخفضة (Walter ١٩٦٧).

ونتناول موضوع أضرار البرودة بالتفصيل فى الفصل الأخير من الكتاب.

النموات السطحية البارزة بالأوراق والسيقان

تظهر النموات السطحية البارزة (أوديما) Oedema (ويطلق عليها أيضًا اسم Intumescences، أو Dropsy) على شكل زوائد صغيرة على سطح أوراق وسيقان النباتات، تكون خالية من الكلوروفيل، وذات جدر خلوية رقيقة سرعان ما تنهار، فتبدو البروزات بلون بنى. تكثر هذه البروزات على السطح السفلى للأوراق فى البداية، ثم تظهر بعد ذلك على أجزاء النبات الأخرى.

يزداد ظهور هذه الحالة فى الزراعات المحمية، وتحدث عندما تكون التربة دافئة ورطبة، والهواء مشبعًا بالرطوبة، حيث يزيد امتصاص الماء ويقل النتح. يتبع ذلك انتفاخ خلايا البشرة، والخلايا البرانشيمية فى الأوراق والسيقان، ثم انقسامها ونموها فى مجاميع، فتنشأ البروزات الصغيرة.

ومن أهم وسائل تجنب الإصابة بالأوديما، ما يلى:

١- تجنب الرى فى الجو البارد الملبد بالغيوم.

٢- يُفيد فى الزراعات المحمية خفض الرطوبة الجوية بالتهوية وزيادة التدفئة، وتحسين تحريك الهواء، وزيادة شدة الإضاءة، وزيادة مسافة الزراعة بين النباتات.

٣- تجنب زيادة التسميد، وخاصة عندما يكون النمو بطيئًا كما يحدث فى الجو البارد، مع تجنب نقص البوتاسيوم والكالسيوم (Averre & Jones ٢٠٠٠).

الانخفاضات الطولية الغائرة بساق النبات

تتمثل الأعراض فى ظهور تحلل داخلى بالساق يعقبه تكوّن انخفاضات طولية (Creases أو Grooves) غائرة نسبيًّا على ساق النبات التى تكون غالبًا سميكة، وذات

سلاميات قصيرة. وقد تظهر هذه الانخفاضات على جانبين متقابلين للساق، مما يؤدى فى الحالات الشديدة إلى ظهور شق طولى واضح خلال الساق. وتظهر هذه الأعراض عند زيادة الرطوبة الأرضية، مع وفرة النيتروجين. ومع أن هذه الشقوق تشكل منفذًا جيدًا للإصابات المرضية، إلا أن النباتات المصابة غالبًا ما تستعيد نموها الطبيعى بعد زوال المسبب. ويقل العقد فى النباتات المصابة، لكن ذلك لا يعدو أن يكون مظهرًا من مظاهر النمو الخضرى الغزير الذى يتكون فى ظروف زيادة الرطوبة الأرضية، ووفرة الآزوت.

الساق اللبية (غير المصمتة)

يؤدى تعرض نباتات الطماطم لظروف الجفاف الشديد إلى موت الخلايا البرانشيمية فى نخاع الساق وتحلل جدرها. ومع استمرار التعرض لظروف الجفاف، تظهر جيوب هوائية كبيرة فى النخاع (تصبح لُبية pithy). ويعتقد البعض أن هذه الأعراض تحدث أيضًا فى ظروف الإضاءة الضعيفة، وقلة التهوية، مع زيادة الرطوبة النسبية.

التفاف الأوراق

تشاهد وريقات الطماطم أحيانًا وهى ملتفة لأعلى، وقد يستمر الالتفاف إلى أن تتلامس حافتا كل وريقة، وتكون الأوراق الملتفة متصلبة نوعًا ما. تبدأ الأعراض فى الظهور على الأوراق السفلية أولا، ثم تتقدم لتشمل نحو نصف أو ثلاثة أرباع أوراق النبات. وعلى الرغم من ذلك فإن النبات يستمر فى نموه بصورة طبيعية. وتحدث هذه الأعراض فى الحالات التالية:

١– عند زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة، أو عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى، وكذلك عند التعرض لظروف الجفاف.

٢– عند تقليم النباتات المرباة رأسيًّا، سواء أكان ذلك فى الزراعات المحمية أم المكشوفة (Doolittle وآخرون ١٩٦١).

٣– فى النباتات النامية تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، وربما يكون ذلك

بسبب زيادة الرطوبة الأرضية، أو بسبب تراكم غاز الإثيلين فى النفق، أو انخفاض درجة الحرارة كثيرًا ليلاً.

العيوب والنموات غير العادية الوراثية

الثمار المتليفة

تحتوى ثمار بعض أصناف الطماطم على قلب أبيض متليف core يظهر كخيوط ليفية بيضاء، أو صفراء، تمتد من طرف الثمرة المتصل بالعنق نحو الداخل، وقد تتفرع فى الجدر التى تفصل بين المساكن، وتلك صفة وراثية غير مرغوب فيها، وتكثر فى بعض الأصناف الحديثة، خاصة عالية الصلابة منها. ولا علاج لهذه الحالة إلا بتجنب زراعة تلك الأصناف.

الأوراق الذابلة

إلى جانب صفة التفاف الأوراق الفسيولوجية التى أسلفنا الإشارة إليها، فإن بعض أصناف الطماطم تبدو أوراقها ملتفة بصورة طبيعية لاحتوائها على جين الأوراق الذابلة Wilty leaf كما فى صنفى الطماطم: فى أف ١٤٥ — بى — ٧٨٧٩، وكاستلكس ٤٩٩. ويظهر التفاف الأوراق فى هذه الأصناف بوضوح فى الشهر الثالث بعد الشتل حينما تكون النباتات محملة بالثمار، كما يزداد الالتفاف وضوحًا عند إصابة النباتات بفيرس موزايك التبغ.

النموات الفضية

يقتصر ظهور الحالة المعروفة باسم النموات الفضية Silvering على المناطق التى تنخفض فيها درجة الحرارة ليلاً ونهارًا عن ١٨ °م، فهى تظهر مثلاً فى المملكة المتحدة وهولندا على نحو ٢٠٪ من نباتات الزراعات المحمية خلال فصل الشتاء. وتزداد الإصابة كثيرًا عندما تنمو النباتات لمدة ٣–٤ أشهر فى حرارة ١٥ °م أو أقل. تكتسب الأوراق المصابة لونًا فضيًّا، ولكن لا تظهر الأعراض قبل العنقود الزهرى السادس، ونادرًا

ما تظهر قبل العنقود العاشر. وإذا حدث ذلك، تكون جميع العناقيد الزهرية المتكونة بعد ذلك عقيمة، إلا فى حالات نادرة يعود فيها النبات لحالته الطبيعية بعد فترة من النمو الفضى.

ومن المعتقد أن هذه الظاهرة ترجع إلى طفرة سيتوبلازمية لا تظهر إلا فى درجات الحرارة المنخفضة. وهى ليست مُعدية، فلا تنتقل من نبات لآخر، كما يختلف معدل ظهورها من صنف لآخر. وحيث إن حبوب اللقاح لا تحتوى على سيتوبلازم، بينما تنتقل القابلية للإصابة عن طرق الأم؛ لذا يُعتقد أن الجين المتحكم فيها ينتقل عن طريق دنا DNA البلاستيدات الخضراء. وتتم أفضل طريقة للتغلب على الأضرار التى تحدثها هذه الظاهرة باختيار أحد الفروع الجانبية غير المصابة ليحل محل الساق الرئيسية الذى ظهرت عليه الأعراض، أو السماح لفرع جانبى من نبات مجاور سليم بالنمو مكان النبات المصاب (.Anon ١٩٨٠، و Grimbly ١٩٨١).

إنبات البذور داخل الثمرة

توجد طفرة من الطماطم تفتقر بذورها إلى حامض الأبسيسك، وتعرف باسم sitiens. وقد تبين أن البذور العادية (الطبيعية) يزيد فيها محتوى الجنين والإندوسبرم من حامض الأبسيسك بمقدار ١٠ أضعاف عما فى بذور الطفرة. هذا.. وتنبت بذور الطفرة بسرعة أكبر بكثير عن بذور الطماطم العادية؛ بل إن بعض بذور الطفرة تنبت وهى ما زالت داخل الثمار، وهى الظاهرة التى تعرف باسم vivipary. ومن المعتقد أن تركيز حامض الأبسيسك فى البذور أو فى الثمار المكتملة التكوين ليس هو العامل المؤثر فى إنبات البذور، وإنما ما يؤثر هو محتوى حامض الأبسيسك أثناء عملية تكوين البذور؛ حيث يُعتقد بأن تركيز حامض الأبسيسك المرتفع الذى يحدث أثناء تكوين البذور فى الطماطم العادية يؤدى إلى تثبيط عملية استطالة خلايا الجذير فى الجنين؛ الأمر الذى يمكن استمرار ملاحظته حتى بعد فترة طويلة من التخزين الجاف للبذور (Groot & Karssen ١٩٩٢).

العيوب والنموات غير العادية التى لا تُعرف مسبباتها

توقف النمو القمى للشتلات

يلاحظ أحيانًا وجود شتلات طماطم يتوقف فيها النمو القمى، وتعرف هذه الشتلات باسم budless أو headless أو topless. ولم يُعرف سببًا لهذه الظاهرة التى لا ترتبط بظروف جوية أو أرضية معينة، أو بإصابات مرضية أو حشرية، أو بأصناف دون غيرها. وقد تتراوح نسبة حدوث الظاهرة فى المشتل الواحد من نسبة منخفضة لا تُذكر إلى أكثر من ٩٠٪. هذا.. ولا يظهر أى تحلل بالقمة النامية للشتلات المصابة؛ فالنمو القمى يتوقف دون أية أعراض أخرى (C.S. Vavrina — جامعة فلوريدا – ٢٠٠٩ — الإنترنت).

مراجع فى فسيولوجيا الطماطم

أشرنا إلى عديد من المراجع التى تتناول مختلف جوانب فسيولوجيا الطماطم فى الفصول الأربعة الأولى من الكتاب، وإلى جانب ما تقدم بيانه فإن Kinet & Peet (١٩٩٧) يعد من أكثر المراجع التى نتناول موضوع فسيولوجى الطماطم مشمولية.

الفصل الخامس

تحديات الإنتاج المرضية والحشرية ووسائل التغلب عليها

أولاً: الأمراض الفطرية والبكتيرية

تُصاب الطماطم بأكثر من مائتين من مسببات الأمراض، بالإضافة إلى العشرات من الآفات. وتتضمن مسببات الأمراض عديد من الفطريات، والأنواع البكتيرية، والفيروسات، وبعض أنواع الميكوبلازما، كما تُصاب الطماطم ببعض أنواع النباتات الزهرية المتطفلة، وبالكثير من الأنواع النيماتودية. كما تشتمل آفات الطماطم على عديد من الحشرات، وبعض الأنواع الأكاروسية. ونظرًا لصعوبة تناول هذا الموضوع بشكل كامل فى هذا الكتاب، فإنى أُحيل القارئ إلى مصادر أخرى شاملة، هى حسن (١٩٩٨، و٢٠١٠، و ٢٠١٧، و ٢٠١٨)، ولجنة مبيدات الآفات الزراعية (٢٠١٧).

ونستعرض فى بداية هذا الفصل بعض الوسائل العامة التى تجب مراعاتها لأجل مكافحة أمراض وآفات الطماطم، ثم نتطرق إلى بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تُعد من تحديات الإنتاج، مع التركيز على طرق مكافحتها.

بعض الوسائل العامة المستخدمة فى المكافحة

تتعدد الوسائل المستخدمة فى مكافحة أمراض وآفات الطماطم؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح تحت كل مرض أو آفة حسبما يتناسب مع مكافحتها. ونكتفى فى هذا المقام بالإشارة إلى أهم الوسائل العامة المستخدمة.

ومن أبرز هذه الوسائل، ما يلى:

١- استخدام الأصناف المقاومة فى الزراعة، وهى تتوفر لعديد من الأمراض، ومنها:

- الذبول الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*).
- ذبول فيرتسيليم (الذى يسببه الفطر *Verticillum dahlia*).
- عفن التاج والجذر الفيوزارى (الذى يسببه الفطر *F. o.* f. sp. *radicis-lycopersici*).
- الجذر الفلينى (الذى يسببه الفطر *Pyrenochaeta lycopersici*).
- تلطخ الأوراق leaf mold (الذى يسببه الفطر *Fulva fulvum*).
- تبقع الأوراق الرمادى gray leaf mold (الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*).
- الأنثراكنوز (الذى يسببه عدة أنواع من الجنس *Colletotrichum*).
- التبقع البكتيرى أو اللفحة البكتيرية (التى تسببها عدة أنواع من الجنس *Xanthomonas*).
- الذبول البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*).
- التقرح البكتيرى (الذى تسببه البكتيريا *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*).
- النقط البكتيرية (الذى تسببه بكتيريا من الجنس *Pseudomonas*).
- فيرس موزايك الطماطم.
- فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم.
- فيرس ذبول الطماطم المتبقع.
- نيماتودا تعقد الجذور (من الجنس *Meloidogyne*).

٢- بسترة التربة بالتشميس soil solarization:

ثبتت فاعلية هذه الطريقة فى مكافحة عديد من الأمراض، من بينها ما يلى:

- الذبول الفيوزارى.
- ذبول فيرتسيليم (Ghini وآخرون ١٩٩٣).
- الجذر الفلينى.
- العفن الاسكليروشى أو اللفحة الجنوبية (التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii*).
- التقرح البكتيرى (Antoniou وآخرون ١٩٩٥ أ، و ١٩٩٥ب).
- نيماتودا تعقد الجذور.

هذا.. ونلقى – تحت بعض الأمراض – مزيدًا من الضوء حول أهمية بسترة التربة بالتشميس فى مقاومتها.

٣- التطعيم على أصول مقاومة:

نتناول الموضوع بالشرح تحت كل مرض على حدة، إلاّ أن معظم الأصول ذات مقاومة متعددة للأمراض؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح فى هذا المقام.

إن من بين أصول الطماطم ذات المقاومة المتعددة للأمراض، ما يلى:

أ- الهجينان النوعيان: Beaufort، و He-Man، وكلاهما مقاوم أو متحمل لكل من: *Pyrenochaeta* spp.، ونيماتودا تعقد الجذور، والذبول الفيوزارى، وذبول فيرتسيليم.

ب- هجين الطماطم Energy المقاوم لكل من: فيرس موزايك التبغ، والفطريات *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و*Didymella lycopersici*، والمتحمل لنيماتودا تعقد الجذور، والفطرين *Pyrenochaeta lycopersici*، و*V. Dahliae* (Serges وآخرون ٢٠٠٠).

ويبين جدول (٥-١) أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان والأمراض التى يقاومها كل أصل منها.

جدول (٥-١): أهم الأصول المستخدمة فى تطعيم الطماطم فى اليابان، والأمراض التى يقاومها كل أصل منها (عن Lee ١٩٩٤).

الأصل	أهم أمراض الطماطم[أ]					
	الذبول البكتيرى	الذبول الفيوزارى	*Verticillium dahliae*	*Pyrenochaeta lycopersici*	نيماتودا تعقد الجذور	فيرس موزايك التبغ
BF	R	R	S	S	S	S
LS89	R	R	S	S	S	S
PFN	R	R	S	S	R	S
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	S	R	R	R	R	S
KNVFTM	S	R	R	R	R	R
Signal	S	R	R	R	R	R
KCFT-N	S	R	S	R	R	R

(أ): R = مقاوم Resistant، S = قابل للإصابة Susceptible.

وجميع هذه الأصول عبارة عن هجن ناتجة من تلقيح الطماطم مع النوع البرى *Solanum habrochaites*، وتُشير الحروف المستخدمة فى تكوين أسماء الأصول خاصية مقاومتها للأمراض المختلفة كما يلى:

الرمز	المرض المعنىّ	
F	الذبول الفيوزارى	Fusarium Wilt
V	ذبول فيرتسيليم	Verticllium Wilt
K	عفن الجذور البنى والفلينى	Brown & Corky Root Rot
N	نيماتودا تعقد الجذور	Root Knot Nematode
T أو Tm	فيرس موزايك التبغ	Tobacco Mosaic Virus
F_2	الذبول الفيوزارى (سلالة رقم ٢، بالإضافة إلى السلالة العادية رقم صفر)	
B	الذبول البكتيرى	Bacterial Wilt

ويعنى ذلك توفر أصول من الطماطم يمكن استخدامها فى مكافحة أى من الأمراض السبعة المبينة عالية.

وتستخدم شركة تاكى – اليابانية – للبذور أصولاً مقاومة للأمراض – جميعها من الهجن – فى تطعيم الطماطم، كما يلى:

الأصل	الأمراض التى يقاومها
Helper-M	B,V,F1,F2,N
Achilles-M	B,V,F1,N
Ti-up No.1	K,N,V,F1,Tm-2^a
Ti-up No.2	K,N,V,F1,F2,Tm-2^a
Anchor-T	B,V,F1,F2,N,Tm-2^a
New No.1	K,N,V,F1
Healthy	B,V,F1,N
Kage	B,N,V,F2,Tm-2^a

ومن الرموز الجديدة التى جاءت فى قائمة الأمراض التى تقاومها تلك الأصول: F1 ويعنى المقاومة للسلالة الأولى (رقم صفر) من الفطر المسبب للذبول الفيوزارى، و Tm-2^a ويعنى احتواء الأصل على الجين Tm-2^a الذى يعد من أقوى جينات المقاومة لفيرس موزايك التبغ. وجميع الأصول الهجين المبينة أعلاه والتى لا تحمل الجين Tm-2^a تحمل الجين الآخرTm-1 لمقاومة فيرس موزايك التبغ. وتوصى الشركة بأن تُطعَّم أصناف الطماطم التى تحمل الجين Tm-2^a على أصول تحمل المقاومة نفسها، وكذلك تُطعّم الأصناف التى تحمل الجين Tm-1 على أصول بها الجين نفسه.

كما يبين جدول (٥-٢) الأصول الشائعة الاستخدام للطماطم ومواصفاتها.

٤- الممارسات الزراعية:

هذه الممارسات كثيرة ومتنوعة ونتناولها بالشرح تحت مختلف الأمراض والآفات.

٥- مكافحة الحشرات الناقلة للمسببات المرضية:

إن من أفضل الوسائل لمكافحة بعض الأمراض هى بمكافحة الحشرات الناقلة لمسبباتها، كما فى الحالات التالية:

كما يبين جدول (٥-٢) الأصول الشائعة الاستخدام للطماطم ومواصفاتها.

جدول (٥-٢): أصول المحاصيل الباذنجانية الشائعة الاستخدام ومواصفاتها (عن Lee).

الأصل الجذرى	الخصائص
S. lycopersicum L.	قوة النمو والمقاومة للفيرس
S. lycopersicum L.	تحمل الحرارة العالية
S. habrochaites S. Knapp & D. Sponer	مقاومة الجذر الفلينى
Solanum spp.	المقاومة للذبول البكتيرى والنيماتودا
S. laciniatum Ait.	المقاومة لغدق التربة
S. intergifolium Poir.	زيادة محتوى السكر
S. sisymbrifolium Lam.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. torvum Sw.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. toxicarium Lam.	المقاومة للأمراض دون التأثير على السكر
S. melongena L.	المقاومة المتعددة للأمراض
S. nigrum L.	التحكم فى حجم وجودة الثمار
S. lycopersicum L. × *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	قلة الإصابة بالفيوزاريم
S. lycopersicum L. × *S. habrochaites* S. Knapp & D. M. Spooner	المقاومة المتعددة للأمراض
S. lycopersicum L.	المقاومة للجذر الفلينى وذبول فيرتسيلليم والذبول الفيوزارى والنيماتودا وزيادة المحصول
S. melongena L.	تحمل الحرارة المنخفضة والمرتفعة
S. lycopersicum L.	المقاومة لعفن الجذر البنى

أ- فيرس موزايك الخيار بمكافحة المن الناقل له.

ب- فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم بمكافحة الذبابة البيضاء الناقلة له.

ج- فيرس التفاف أوراق البطاطس بمكافحة المن الناقل له.

د- فيرس ذبول الطماطم المتبقع بمكافحة حشرة التربس الناقلة له.

يتعين إجراء الفحص الدورى للحقول المزروعة لتحديد إصابتها بالحشرات الناقلة للفيروسات من عدمه، وهو الإجراء الذى يُعرف باسم field scounting. يعد ذلك أمرًا ضروريًّا لتجنب الاستخدام غير الضرورى للمبيدات، وكذلك عدم تأخير الرش إلى درجة يصبح فيها بغير ذى فائدة. وبالنسبة لحقول الطماطم. يوصى بفحص ما لا يقل عن ٤٠ نباتًا أسبوعيًّا فى الحقول التى لا تزيد مساحتها عن ٢٠ فدان، يضاف إليها نباتين آخرين لكل فدان زيادة عن العشرين. يجب أن يكون اختيار النباتات التى يتم فحصها عشوائيًّا أثناء السير فى الحقل بشكل "زجزاج"، ويفضل أن يُحدد – مسبقًا – قبل السير – النباتات التى تُختار للفحص على اعتبار أنها تلك التى ينتهى عندها عدد محدد – سلفًا – من الخطوات. وبالنسبة لعينات فحص الإصابة بالمن تُختار الوريقات عشوائيًّا من الثلثين العلويين للنمو الخضرى لنبات الطماطم.

هذا.. ويُعطى Hilje وآخرون (٢٠٠١) تفاصيل مكافحة الذبابة البيضاء – وما يصاحبها من إصابات فيروسية – بمختلف وسائل الممارسات الزراعية.

٦– المكافحة البيولوجية:

تتعدد الطرق المتبعة فى المكافحة البيولوجية لمختلف الأمراض والآفات؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح تحت تلك الأمراض والآفات.

٧– المكافحة بمستحثات المقاومة من المنتجات الطبيعية والمركبات الكيميائية.

٨– المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية:

لم يأخذ هذا الموضوع حقه من الدراسة فيما يتعلق بدور المستخلصات فى مكافحة الأمراض. وفى دراسة حديثة نسبيًّا وُجد أن رش النموات الخضرية للطماطم بمستخلص الطحلب *Ascophyllum nodosum* (وهو من الطحالب البنية brown seaweed) بتركيز ٠,٥٪ أحدث خفضًا جوهريًّا فى الإصابة بمسببات أمراض النموات الخضرية *Alternai solani*، و *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* وصل إلى ٦٣٪،

و ٤٤٪، على التوالى، وزيادة المحصول بنسبة ٤٢٪، وزيادة نشاط الإنزيمات: PPO، و PAL، وPO، وchitnase، و glucanase، وزيادة تراكم الفينولات (Ali وآخرون ٢٠١٦).

٩- المكافحة ببدائل المبيدات:

من أكثر بدائل المبيدات استخدامًا فى المكافحة الصابون النباتى والزيوت المعدنية الخفيفة والكبريت الميكرونى، كما فى الحالات التالية:

أ- الرش بالصابون النباتى إم — بيد لمكافحة كل من المن والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر بمعدل ١,٥ لتر/فدان كل ٣-٥ أيام فى كل من المشتل والأرض المستديمة.

ب- الرش بزيت معدنى صيفى بمعدل لتر/١٠٠ لتر ماء، أو بالزيت الطبيعى ناتيرلو بمعدل ٦٢٥ مل/١٠٠لتر لمكافحة كل من المن والذبابة البيضاء والعنكبوت الأحمر، وذلك كل ٣-٥ أيام فى كل من المشتل والأرض المستديمة.

ج- الرش بالكبريت الميكرونى بمعدل ٢٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء، أو التعفير بالكبريت بمعدل ١٠-١٥ كجم للفدان لمكافحة العنكبوت الأحمر. يُفضل إجراء الرش صباحًا، مع إيقاف الرش عند بلوغ نسبة عقد الأزهار حوالى ٥٠٪.

١٠- المكافحة بالمبيدات:

يُوضح جدول (٥-٣) أهم المبيدات الموصى بها لمكافحة أمراض وآفات الطماطم، ومعدلات استخدامها، والأمراض والآفات التى يجدى معها استخدام تلك المبيدات. كما يبين جدول (٥-٤) المبيدات المستخدمة فى مكافحة آفات الطماطم (عن مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

جدول (٥-٣): أهم المبيدات المستخدمة فى مكافحة أمراض الطماطم.

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
بوليرام دى إف (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	النَدوة المبكرة
	العفن الأسود (الألترنارى)
كوبكس (٣٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
	الندوة المتأخرة
	الأنثراكنوز
بيليز (٧٥ جم/ ١٠٠ لتر ماء، و٥٠ جم للأعفان)	الندوة المبكرة – العفن الرمادى (البوتريتس)
	الندوة المتأخرة – عفن التربة (الرايزكتونيا)
	العفن الأسود (الألترنارى)
أميستار (٢٠٠–٣٠٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
	الندوة المتأخرة
	العفن الأسود (الألترنارى)
سكور (٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المبكرة
ريدوميل جولد (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المتأخرة
أكروبات نحاس (٢٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الندوة المتأخرة
ريتريب (٢٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
أنتراكول أوكوبرانتراكول (٣٠٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الأنثراكنوز
بانش (٦ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
توباس (٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	البياض الدقيقى
كابتان (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	العفن الأسود (الألترنارى)

جدول (٥-٤): المبيدات المستخدمة فى مكافحة آفات الطماطم.

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
لانيت ٩٠٪ (٣٠٠ جم/ فدان)	دودة ورق القطن
	دودة ثمار الطماطم
أورنر ٢٤٪ (١٥٠ مل/فدان)	دودة ورق القطن
ماتش (١٦٠ مل/فدان)	دودة ورق القطن (فى المراحل الأولى فقط لنمو اليرقة)
	دودة درنات البطاطس
كويك (٤٠٠ جم/فدان)	دودة ورق القطن
تريسر ٢٤٪ (٢٠٠ جم/فدان)	دودة ورق القطن
	دودة درنات البطاطس (٣٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
	صانعة أنفاق الطماطم (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
بروكليم ٥٪ (١ لتر/فدان)	دودة ورق القطن — صانعة أنفاق الطماطم (٢٠ جم/١٠٠ لتر ماء)
	دودة ثمار الطماطم (٨٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)
	دودة درنات البطاطس (٢٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)
موسبيلان ٢٠٪ (٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أسيتامور ٢٠٪ (٢٥٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أكتيلك ٥٠٪ (٣٧٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
ريلدان ٥٠٪ (٢٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
	دودة ثمار الطماطم (١,٥ لتر/ فدان)
أدماير (١٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
كالسيو ٤٨٪ (١٢٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
موسبيلان (٥٠جم/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
كوماندو ٣٥٪ (٧٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
أكترا (٨٠ جم/ فدان)	الذبابة البيضاء
فولى ٢٠٪ (٢٥جم/١٠٠ لتر ماء)	الذبابة البيضاء
تشيس (٤٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء)	المن
كونفيديت ٣٥ (٧٥ مل/١٠٠ لتر ماء)	المن
أفوكس (٥٠جم/١٠٠ لتر ماء)	المن
نيودرين ٩٠٪ (٣٠٠ جم/فدان)	دودة ثمار الطماطم

يتبع

تابع : جدول (٥-٤).

المبيد (ومعدل استخدامه)	المرض
أفانت (١٠٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	دودة ثمار الطماطم
	دودة درنات البطاطس (٢٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)
	صانعة أنفاق الطماطم (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)
أمبريور ٠,٥٪ (٨٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	دودة ثمار الطماطم
أجروثيون ٥٧٪ (٢ لتر/فدان)	دودة درنات البطاطس
فيرتيميك ١,٨٪ (٤٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر
	الحلم الدودى
رنر ٢٤٪ (١٥٠ مل/فدان)	دودة درنات البطاطس
هوبانج ٩٠٪ (٣٠٠جم/ فدان)	دودة درنات البطاطس
فوليام فليكس ٤٠٪ (٢٠جم/١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم (التوتا)
شالنجر ٣٦٪ (٥٠مل/ ١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
	العنكبوت الأحمر
	الحلم الدودى
بيليو (٣٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
أجروميك ١,٨٪ (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر- الحلم الدودى
ماكوميت ١٠٪ (٢٠جم/ ١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
سوميثيون ٥٠٪ (٤٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	صانعة أنفاق الطماطم
أورتس (٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
فيرون (١٠٠ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر — الحلم الدودى
دليت ٧,٥٪ (١٢٥ مل/١٠٠ لتر ماء)	العنكبوت الأحمر

الذبول الطرى أو تساقط البادرات

يمكن التمييز بين مسببات الذبول الطرى من أعراض الإصابة، كما يلى:

١- البثيم .*Pythium* spp:

تؤدى إصابة البادرات بالبثيم إلى انهيار ساق البادرة عند سطح التربة أو تحتها،

وقد يحدث عفن قبل بزوغ البادرة. وفى البادرات الأكبر عمرًا يظهر عفن أسود بالجذور. وتشتد الإصابة – عادة – فى التربة الدافئة الرطبة.

٢- الرايزكتونيا سولانى *Rhizoctonia solani*:

تظهر بقع بنية ضاربة إلى الحمرة على ساق البادرة عند سطح التربة قد تُحلِّقه. وتشتد الإصابة فى التربة الدافئة إلى الباردة.

٣- الثيلافيوبسس *Thielaviopsis basicola*:

يظهر عفن أسود على جذور البادرة، وقد تستمر النباتات فى نموها رغم مرضها، إلا أنها تكون متقزمة. تشتد الإصابة – عادة – فى التربة الباردة (Olsen & Young ١٩٩٨).

ولمكافحة مرض تساقط البادرات يراعى ما يلى:

١- معاملة البذور بالمطهرات الفطرية:

تفضل معاملة البذور قبل زراعتها بأحد المطهرات الفطرية حتى ولو كانت معاملة، ويستخدم لذلك الريزولكس أو الكابتان أو المون كت بمعدل ٣ جم، أو التوبسن بمعدل ٢ جم لكل كيلو جرام بذرة. وإذا كانت الإصابة بالمرض مردها لفطر الرايزكتونيا تفيد معاملة البذور بالمون كت بمعدل ٣ جم لكل كيلو جرام بذرة أو حقن المبيد مع ماء الرى بمعدل ٥٠٠ جم للفدان.

٢- اتباع الممارسات الزراعية المناسبة، مثل:

أ- العناية بتجهيز المشاتل الحقلية وتسويتها جيدًا حتى لا تتراكم الرطوبة فى أى جزء منها.

ب- تجنب الزراعة الكثيفة، والاعتدال فى الرى، وتحسين التهوية للمساعدة على جفاف سطح التربة بسرعة، وتوفير التهوية فى الجو البارد لأجل زيادة قوة نمو البادرات.

وللتخلص من مشكلة الذبول الطرى فى مشاتل الشتَّالات، التى تزرع فيها بذور الهجن مرتفعة الثمن، تجب مراعاة ما يلى:

أ- غسل الشتَّالات (أحواض أو صوانى الزراعة) والبلاستيك المستعمل تحت الشتالات – كحاجز بينها وبين التربة – بمحلول مخفف من هيبوكلوريت الصوديوم (الكلوراكس التجارى مع الماء بنسبة ١ : ٩).

ب- توضع صوانى الزراعة فى مكان جاف نظيف بعد تعقيمها.

ج- يوضع مخلوط الزراعة النظيف – وتتم تعبئة الصوانى – على بلاستيك نظيف.

د- يمنع السير على مخلوط الزراعة.

هـ- التأكد من نظافة الأيدى والأدوات المستخدمة فى تداول مخلوط الزراعة.

و- يضاف الكابتان إلى المخلوط (الذى يتكون من البيتموس والرمل النظيف المغسول بنسبة ٤ : ١)؛ بمعدل ٢ جم من المبيد لكل متر مكعب من المخلوط.

ز- توضع الصوانى – بعد الزراعة – فوق بعضها إلى حين ظهور أول البادرات، حيث تفرد فورًا على صناديق بلاستيكية مقلوبة، أو على قوالب من الطوب بحيث تكون بعيدة عن سطح التربة.

ح- يرش سطح الصوانى – بمجرد تفريدها – بالكابتان أو البنليت.

ط- إذا ظهر الذبول الطرى يُعاد الرش – مرة أخرى – بالكابتان، أو البنليت، أو الرادوميل.

ك- تجنب بقاء سطح مخلوط الزراعة مبتلاً طوال الوقت، مع الرى فى الصباح.

ل- توفير تهوية جيدة.

ولقد أمكن مكافحة تساقط البادرات الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* بتزويد بيئة الزراعة بالنموات الخضرية لنبات الموناردا Monarda (وهو نعناع أمريكى)

يحتوى على زيوت أساسية يدخل ضمن تركيبها مركبات مضادة للبكتيريا (Gwinn وآخرون ٢٠١٠).

٣- المكافحة البيولوجية:

فى محاولة لمكافحة مرض سقوط البادرات (الذبول الطرى).. أدت معاملة بذور الطماطم أو تربة المشاتل بأى من الأنواع البكتيرية: .*Azospirillium* spp، أو *Azotobacter chroococcum*، أو *Pseudomona fluorescens* (وجميعها من البكتيريا التى تعيش فى محيط النموات الجذرية للنباتات).. أدَّت إلى زيادة سرعة إنبات البذور وزيادة الوزن الجاف للبادرات، وتقليل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*؛ حيث تطفلت البكتيريا على الأجسام الحجرية للفطر. ولكن لم تكن المعاملة بهذه البكتيريا فعالة فى حرارة تزيد على ٣٠ْم (Sanhita Gupta وآخرون ١٩٩٥).

كذلك أدت معاملة بذور الطماطم بالبكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* إلى تقليل إصابتها – معنويًا – بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium spelendens*– فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، وازدادت الحماية من المرض بحقن (عدوى) المحلول المغذى ذاته بالبكتيريا التى انتشرت فى المزرعة مع المحلول المغذى (Buysens وآخرون ١٩٩٥).

وأظهرت العزلة Pf1 من *P. fluorescens* أقصى تثبيط لنمو الغزل الفطرى للمسبب المرضى *Pythium aphanidermatum*، وزيادة فى نمو نباتات الطماطم والفلفل. وكانت تلك العزلة فعالة – كذلك – فى تقليل الإصابة بالذبول الطرى فى كل من الطماطم والفلفل تحت ظروف الصوبة والحقل، كما ازداد فى النباتات المعاملة بالعزلة والفطر نشاط كلاً من: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ polyphenol oxidase، وازداد فيها تراكم الفينولات (Ramamoorthy وآخرون ٢٠٠٢).

كما أظهرت البكتيريا *Calothrix elenkenii* قدرة على مكافحة الفطر *P. aphanidermatum* – مسبب مرض سقوط البادرات – فى الطماطم (Manjunath وآخرون ٢٠١٠).

الذبول الفيوزارى

إن من أهم وسائل مكافحة الذبول الفيوزارى، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

تُعرف ثلاث سلالات من الفطر هى: سلالة صفر (وهى التى تعرف برقم 0)، وتتوفر المقاومة لها فى كل الهجن والغالبية العظمى من الأصناف التجارية الصادقة التربية، وسلالة ثانية وهى التى تعرف برقم 2، وتتوفر المقاومة لها فى عدد كبير من الهجن وأصناف الطماطم الحديثة، مثل: والتر Walter، وبيتو ٩٥ Peto 95، وفلوراديد Floradade، وغيرها، وسلالة ثالثة (وهى التى تعرف برقم 3)، وهى قليلة الانتشار نسبيًّا، وكانت قد ذُكرت لأول مرة فى فلوريدا وأستراليا، وتتوفر المقاومة لها فى أصناف تجارية قليلة.

هذا.. وتتحكم ثلاثة جينات I، و I-2، و I-3 (يرمز I للمناعة immunity) فى المقاومة للسلالات 0،و1، و 2 — على التوالى — من الفطر *Fusarium oxysporium* f.sp. *lycopersici* المسبب للذبول الفيوزارى فى الطماطم.

٢- التطعيم على أصول مقاومة:

أسلفنا الإشارة إلى عديد من أصول الطماطم التى تحمل مقاومة لعدة أمراض، ومنها الذبول الفيوزارى بسلالتيه 1، و 2 (أى 0 ، و1).

لقد أفاد التطعيم على أصول مقاومة للمرض فى مقاومته، وهى طريقة شائعة الاستعمال فى الزراعات المحمية للطماطم فى هولندا، وفى كل من الزراعات المكشوفة والزراعات المحمية فى اليابان وكوريا الجنوبية. ومن بين هذه الأصول ما يلى: (Matsuzoe وآخرون ١٩٩٣):

Solanum sisymbrifolium *S. torvum*

S. toxicarium

وقد وجد Nagaoka وآخرون (١٩٩٥) أن جذور أصلا الطماطم Taibyo Shinko No.1، و *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* تفرز عديدًا من المركبات السامة للفطريات. هذا.. وتتوفر عدة أصول تجارية من الهجين النوعى الأخير، منها ما يلى:

Big Power	Beaufort
He-Man	Brigeor
Popeye	Maxifort

وتُعد جميع هذه الهجن (الأصول) مقاومة لكل من: السلالتين 0، و 1 من فطر الذبول الفيوزارى *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (لكن أى منها لا يقاوم السلالة 2 من الفطر)، والفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، والسلالة 1 من فطر ذبول فيرتسيليم *Verticillum dahliae*، والفطر *Pyrenochaeta lycopersici*، وأنواع نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne arenaria* و *M. javanica* و *M. incognita* (باستثناء الهجين Popeye الذى لا تُعرف مقاومته للنيماتودا)، وفيرس موزايك الطماطم، كما تتوفر المقاومة العالية للفطر *Sclerotium rolfsii* فى كل من الهجن: Beaufort، و Big Power، و He-Man، و Maxifort، بينما تصاب جميع الهجن النوعية المستخدمة كأصول لبكتيريا الذبول *Ralstonia solanacearurm* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

٣- بسترة التربة بالتشميس:

أفادت عملية تشميس التربة — فى مصر — فى مكافحة المرض بصورة أفضل من تبخير التربة ببروميد الميثايل (El-Shami وآخرون ١٩٩٠ أ و١٩٩٠ب). وفى ولاية فلوريدا الأمريكية أدت معاملة التشميس إلى التخلص من فطر الذبول الفيوزارى حتى عمق ٥ سم فقط، بينما أدى تبخير التربة ببروميد الميثايل إلى التخلص من الفطر حتى عمق ٣٥ سم (Shellemi وآخرون ١٩٩٤).

٤- المكافحة البيولوجية:

تتنوع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للذبول الفيوزارى فى الطماطم، كما يلى:

أ- المكافحة بسلالات فسيولوجية أخرى من الفطر وبالتربة المثبطة للفيوزاريم:

تفيد الزراعة فى تربة تعرف بتلوثها بسلالات فسيولوجية أخرى من الفطر *Fusarium oxysporum*، حيث وجد Homma & Ohata (١٩٧٧) أن حقن الطماطم (عدواها) بأى من ٧ سلالات فسيولوجية أخرى غير *lycopersici* (وخاصة بالسلالات الفسيولوجية: *melongenae*، و *cucumerinum*، و *batatas*، وهى المتخصصة على الباذنجان، والخيار، والبطاطا على التوالى) أدى إلى تقليل شدة إصابتها بالذبول عند حقنها — بعد ذلك — بالسلالة الفسيولوجية *lycopersici* المتخصصة على الطماطم.

كذلك وجد Tamietti وآخرون (١٩٩٣) أن الزراعة فيما يعرف بـ "التربة المثبطة للفيوزاريم" *Fusarium*-suppressive soil أدت إلى حماية النباتات من الإصابة الشديدة بالذبول الفيوزارى، وصاحبت ذلك زيادة فى نشاط عدد من الإنزيمات الهامة فى النباتات، هى:

Chitinase	Laminarinase
β-1-4-glucosidase	N-acetyl-glucosaminidase
Polyphenol oxidase	Peroxidase

وقد اقترح الباحثون أن السلالات غير المرضة من الفيوزاريم — فى التربة المثبطة للفيوزاريم — هى المسئولة عن حماية النباتات من الإصابة بالذبول الفيوزارى، وأنها — أى السلالات غير المرضة — توفر تلك الحماية بحثِّ النباتات على زيادة مقاومته الطبيعية للإصابة.

ب- المكافحة بالفطريات:

تفيد المعاملة بالفطريات المنتجة للإنزيمات المحللة lytic enzymes فى مكافحة المرض، ومن أهم الفطريات المنتجة لها ما يلى (Cal وآخرين ١٩٩٤):

Penicillium oxalicum *Aspergillus nidulans*

F. subglutinans *Fusarium moniliforme*

ولقد أدت معاملة شتلات الطماطم – وهى فى المشتل – بالفطر *Penicillium oxalicum* إلى تقليل إصابتها بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* فى حجرات النمو بنسبة ٤٥٪ – ٤٩٪، وفى الصوبة الزجاجية بنسبة ٢٢٪–٦٩٪، واستمر تأثير المعاملة لمدة ٦٠–١٠٠ يوم بعد العدوى بالفطر المرض فى الصوبة. هذا.. ولم تكن معاملة البذور بالفطر *P. oxalicum* مؤثرة فى خفض الإصابة بالذبول الفيوزارى، كما لم تؤثر المعاملة بفطر المكافحة الحيوية – بأية طريقة – على تواجد الفطر الممرض فى المحيط الجذرى لنباتات الطماطم (de Cal وآخرون ١٩٩٩).

ج- المكافحة بالبكتيريا:

تُعد السلالة HOA73 من البكتيريا *Paenibacillus elgii* مضادة لعديد من المسببات المرضية النباتية، ومنها الفطر المسبب للذبول الفيوزارى فى الطماطم، وقد عزل من تلك البكتيريا المركب المسئول عن فعلها المضاد، وعُرِّفَ بأنه المركب butyl 2,3-dihydroxybenzoate (Nguyen وآخرون ٢٠١٥).

وأدت معاملة الطماطم بالسلالة Pf1 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى الحد من إصابة الجذور بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى. وقد صاحب ذلك زيادة فى نشاط الإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والبيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والكاتاليز، والـ β-1,3-glucanase وكانت المعاملة قد أجريت بغمس جذور الشتلات مع سقى التربة ورش النموات الخضرية.

وكانت بداية الزيادة فى نشاط تلك الإنزيمات من اليوم الثالث، وبلغت أعلى معدلاتها فى اليوم الثامن إلى التاسع، ثم تناقصت تدريجيًّا بعد ذلك (Manikandan & Raguchander ٢٠١٤).

كما حققت المعاملة بالـ DL-3-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) والبكتيريا *Pseudomonas* (العزلة CW2)– معًا – مكافحة جيدة للذبول الفيوزارى فى الطماطم (Hassan & Buchenauer ٢٠٠٩).

كذلك أعطت معاملة الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى *Brevibacillus brevis* مكافحة جيدة للفطر *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى (Chandel وآخرون ٢٠٠٩).

ولقد أمكن عزل سبع عزلات بكتيرية من الأنسجة الداخلية للنبات *Solanum elaeaginfolium*، ووجد أنها يمكن أن تستعمر الأنسجة الداخلية لنباتات صنف الطماطم Rio Grande. وقد قُيمت تلك السلالات – بعد استعمارها لأنسجة الطماطم – للتعرف على نشاطها المضاد للفطر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى وتأثيرها المنشط للنمو النباتى. ومن بين تلك السلالات السبع أنقصت السلالتان SV101، و SV104 شدة الإصابة بفطر الذبول جوهريًّا بنسبة ٧٧٪ – ٨٣٪، وقللت انتشار التلون البنى للحزم الوعائية بنسبة ٧٦٪ فى النباتات المعدية بالفطر، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول المعدية بالفطر وغير المعدية بالسلالتين. وقد حفزت السلالتان دلائل النمو فى كل من النباتات المعدية وغير المعدية بفطر الذبول. وأمكن تعريف هاتان السلالتان بأنهما ينتميان لكل من *Bacillus* sp. (السلالة SV101 أو KU043040)، و *B. tequilensis* (السلالة SV104 أو KU96970). وفى البيئات الصناعية ثبَّطت السلالتان نمو فطر الذبول بنسبة ٦٤٪، كما ثبَّطت إفرازات البكتيريا غير الخلوية نمو الفطر بنسبة ٢٠٪، و٥٥٪ على التوالى، مقارنة بما حدث فى مزارع

الكنترول. وتبين أن SV104 تُنتج protease، و chitinase، و pectinase، و IAA، و siderophores، بينما أظهرت SV101 نشاطًا فى الـ pectinase وفى إنتاج الـ IAA، وإنتاج عامل مُذيب للفوسفات (Ben Abdallah وآخرين ٢٠١٦).

د- المكافحة بالترايكودرما:

استخدمت فطريات الترايكودرما *Trichoderma harzianum*، و *T. viride*، و *T. hamatum* فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، ووجد أنها جميعًا كانت قادرة على إنتاج الأنزيمين المحللين: β-1,3glucanase، و chitinase بكفاءة – خاصة فى وجود مادة الجدر الخلوية للمسبب المرضى – وكان أكفأها *T. harzianum*. كما حدث تحلل لغزل الفطر المسبب للمرض لدى معاملته براشح أيض فطريات الترايكودرما. وتحت ظروف الحقل قللت المعاملة بالفطريات الثلاثة الإصابة المرضية بالذبول الفيوزارى، وكان *T. harzianum* أفضلها (Ojha & Chatterjee ٢٠١١).

ذبول فيرتسيليم

يُعد الفطر *Verticillium dalhiae* هو المسبب الرئيسى للمرض، وبدرجة أقل كثيرًا الفطر *V. albo-atrum*، وهما يختلفان فى عدد من الأمور، فالأول (*V. dalhiae*) ينتج أجسامًا حجرية صغيرة microsclerotia يمكنها البقاء فى التربة وفى بقايا النباتات لمدة ١٤ سنة وتبقى نشطة فى حرارة تزيد عن ٣٠°م، بينما الثانى (*V. albo-atrum*) يُنتج غزل فطرى قاتم السواد يمكنه البقاء فى التربة والبقايا النباتية لمدة ٢-٥ سنوات، ولا يُنتج أجسامًا حجرية، ولا يكون نشطًا فى حرارة تزيد عن ٣٠°م. يُشكِّل الفطر الأول مشكلة كبيرة فى عدد كبير من المحاصيل الزراعية، ويمكن لمعظم سلالاته إصابة مدى واسعًا من الحشائش، مما يجعله قادرًا على البقاء فى التربة لمدة طويلة، ويحد من كفاءة الدورة الزراعية فى مكافحته.

ومن أهم وسائل مكافحة المرض، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

تعد زراعة الأصناف المقاومة أفضل وسيلة لمكافحة المرض، ويتوفر الكثير من أصناف الطماطم المقاومة للسلالة رقم (١) من الفطر التى تنتشر فى معظم أرجاء العالم. أما سلالة رقم (٢) فهى محدودة الانتشار نسبيًّا.

يتحكم فى المقاومة لذبول فيرتسيليم فى الطماطم الجين Ve. يسمح هذا الجين بمقاومة السلالة رقم ١ من الفطر، بينما تتغلب جميع السلالات الأخرى للفطر (تسمى السلالة ٢) على تلك المقاومة، ولم يمكن التعرف فى الطماطم على مقاومة للسلالة ٢.

٢- الممارسات الزراعية:

أدت إضافة الكبريت للتربة إلى تعزيز مقاومة الطماطم للفطر *V. dahliae* — مسبب مرض ذبول فيرتسيليم — بفعل تكون مركبات كبريتية دفاعية (Bollig وآخرون ٢٠١٣).

عفن الجذر والتاج الفيوزارى

إن من أهم وسائل مكافحة مرض الجذر والتاج الفيوزارى، ما يلى:

١- التطعيم على أصول مقاومة، وقد أسلفنا الإشارة إلى بعضها.

٢- المعاملة بالشيتوسان:

أحدثت معاملة وسط زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥ أو ٣٧,٥ مجم/لتر خفضًا جوهريًّا فى موت النباتات الذى تسببه الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، وفى أعراض عفن الجذور والفقد المحصولى. وفى غياب الفطر الممرض لم يكن للمعاملة بالشيتوسان تأثيرًا ضارًا على النمو النباتى أو المحصول. وقد أدت المعاملة إلى زيادة مقاومة النباتات لاستعمار الفطر الممرض

لها، وانحصر تواجده فى نسيج البشرة والقشرة، وظهرت على الهيفات الفطرية اضطرابات خلوية وتكونت فيها فجوات كبيرة، مع حدوث فقد شبه تام للبروتوبلازم (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦).

٣- المعاملة بالسيليكون:

أحدثت إضافة السيليكون بتركيز ١٠٠ مجم/لتر لمحلول هوجلند المغذى الذى استُعمل فى تغذية نباتات الطماطم بعد شتلها انخفاضًا فى شدة إصابة النباتات بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى؛ الأمر الذى ربما حدث بسبب تأخير السيليكون لبدء إصابة الجذور بالفطر وانتقاله من الجذور إلى السيقان. وقد كان تركيز السيليكون فى جذور وسيقان النباتات المعاملة أعلى جوهريًّا عما كان فى النباتات غير المعاملة، كما ارتبطت الزيادة فى تركيز السيليكون فى الجذور جوهريًّا مع الانخفاض فى شدة المرض فى الجذور والتاج والساق، بما يفيد وجود دور للسيليكون فى المقاومة (Huang وآخرون ٢٠١١).

٤- المكافحة البيولوجية:

أفاد فى مكافحة مرض عفن الجذر والتاج الفيوزارى بصورة جيدة معاملة التربة بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* بالإضافة إلى بسترة التربة بالإشعاع الشمسى (Sivan & Chet ١٩٩٣).

كذلك حصل Tu & Zheng (١٩٩٤) على مكافحة جيدة للمرض باستعمال أى من الكائنات الدقيقة:

Bacillus subtilis — *Gliocladium roseum*

Pseudomonas fluorescens — *G. virens*

وقد حصل الباحثان على أفضل مكافحة للمرض باستعمال *G. roseum*. وعمومًا.. كانت الفطريات (*Gliocladium* spp.) أفضل فى مكافحة المرض من نوعى البكتيريا المستخدمين.

كما أفاد فى مكافحة مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى نقع قش الأرز فى معلق لمزارع البكتيريا *Bacillus subtilis* (السلالة NB22)، ثم خلطة بالتربة (Phae وآخرون ١٩٩٢).

وقد أدى حقن (تلقيح) جذور الطماطم بالعزلة Fs-K من *Fusarium solani* (التى تم عزلها — ابتداءً — من جذور طماطم كانت نامية فى كمبوست مُثَبِّط لمسببات أمراض كل من الجذور والنموات الخضرية).. أدى حقنها بتلك العزلة إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، وإلى تطوير مقاومة جهازية فيها ضد الإصابة بالفطر *Septoria lycopersici* (Kavroulakis وآخرون ٢٠٠٧).

وأدى سقى التربة بمنتج المكافحة الحيوية RootShield إلى خفض موت الطماطم فى البيوت المحمية نتيجة لحمايتها من الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* — مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى — إلى ٥,٥٪، وكانت النباتات المعاملة أكثر إنتاجًا للثمار (Hibar وآخرون ٢٠٠٦).

كما أحدثت معاملة مخاليط زراعة الطماطم بأى من البكتيريا *Chryseomonas luteola*، أو *Serratia liquifaciens*، أو *Aeromonas hydrophila* — المتحصل عليها من كمبوست السبلة الحيوانية — خفضًا جوهريًّا فى شدة الإصابة بالفطر *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذر الفيوزارى (Kerkeni وآخرون ٢٠٠٨).

أعفان الجذور الأخرى الفطرية

من بين أهم الفطريات الأخرى التى تسبب أعفانًا بجذور الطماطم كلاً من: *Rhizoctonia solani* (مسبب مرض عفن الجذور الرايزكتونى)، و *Sclerotinia scleriorum* (مسبب مرض العفن القطنى)، و *Sclerotium rolfsii* (مسبب مرض اللفحة الجنوبية)، و *Pyrenochaeta lycopersici* (مسبب مرض عفن الجذور الفلينى)، وهى التى تناقش وسائل مكافحتها معًا.

تتنوع وسائل مكافحة أمراض الجذور الأخرى حسب المرض، كما يلى:

١- التطعيم على أصول مقاومة:

يتوفر عديد من الأصول المقاومة لكل من الفطرين *Phytophthora nicotianae*، و *P. capsici* كما هو مبين فى جدول (٥-٥).

جدول (٥-٥): مقاومة بعض أصول الطماطم لكل من *Phytophthora nicotianae*، و *P. capsici* (Gilardi وآخرون ٢٠١٣).

الأصل	الشركة المنتجة	السلالة PHT7 من *P. nicotianae*		السلالة PHT22 من *P. capsici*	
		١٤[أ]	٢١	١٤	٢١
He-Man	Sengenta	HS[ب]	HS	PR	PR
Maxifort	De Ruiter	HS	PR	S	PR
Beaufort	De Ruiter	HS	S	HS	R
Unifort	De Ruiter	HS	S	HS	R
Arnold	Sengenta	PR	R	R	R
Armstrong	Sengenta	S	PR	S	R
Natalya	Esasem	HS	S	HS	PR
Spirit	Nunhems	HS	S	HS	PR
الكنترول [ج]	Furi sementi	HS	PR	S	PR

(أ) عمر النباتات باليوم من الزراعة عند عدواها بالفطر.

(ب) R = مقاوم، و PR = مقاوم جزئيًا، و S= قابل للإصابة، و HS= شديد القابلية للإصابة.

(ج) كان صنف الكنترول القابل للإصابة: Cuore de bue

وقد أدى تطعيم الطماطم على أى من الأصول Big Power، و Beaufort، و Maxifort – وجميعها من الهجن النوعية – إلى خفض شدة الإصابة باللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* إلى نحو صفر – ٥٪، مقارنة بنسبة إصابة بلغت ٢٧٪، و٧٩٪ (فى موقعين للدراسة) فى نباتات الكنترول. كذلك أفاد التطعيم على أى من الهجن النوعية إلى خفض الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور وخفض

كثافة تواجد النيماتودا فى التربة عند الحصاد، وخاصة عندما استخدم الهجين النوعى Big Power كأصل. وفى كل الحالات أدى التطعيم على الهجن النوعية إلى زيادة محصول الثمار وحافظ على إنتاج محصول جيد فى تربة ملوثة بكل من *S. rolfsii* ونيماتودا تعقد الجذور (Rivard وآخرون ٢٠١٠).

ويُسبب الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* مرض عفن الجذر الفلينى فى كل من الطماطم والباذنجان، وخاصة فى الجو البارد (عندما تكون حرارة التربة حوالى ١٨ °م). وتُفيد الهجن النوعية كأصول لمقاومة المرض، ومنها: Brigeor للباذنجان، و Beaufort للطماطم (Louws وآخرون ٢٠١٠).

٢- بسترة التربة بالتشميس:

أفاد فى مكافحة العفن الاسكليروشى أو اللفحة الجنوبية التى يسببها الفطر *Sclerotium rolfsii* معاملة التربة بالتشميس مع استعمال البلاستيك الشفاف لمدة ٦ أسابيع، ثم حقن التربة بالفطر *Gliocladium virens*؛ حيث قضت المعاملة على الأجسام الحجرية للفطر بنسبة ١٠٠٪، و٩٦٪، و٥٦٪ حتى عمق ٣٠ سم فى سنوات مختلفة للدراسة (Ristaino وآخرون ١٩٩١).

٣- الإضافات العضوية للتربة والشيتين والشيتوسان:

قللت إضافات المادة العضوية للتربة (نباتات كرنبيات، وكمبوست المخلفات المنزلية، وكمبوست سبلة الماشية) من شدة الإصابة بفطريات التربة التى تُصيب الطماطم (*Pyrenchaeta lycopersici*، و *Verticillium albo-atrum*) وأدت إلى زيادة محصول الثمار. كذلك ازداد النشاط البيولوجى فى التربة بزيادة الإضافات العضوية، ووجدت ارتباطات جوهرية موجبة بين النشاط البيولوجى فى التربة، والوزن الطازج للجذور، ومحصول الثمار. ويعنى ذلك أن أحد آليات مكافحة الأمراض فى التربة بالإضافات العضوية ربما يكون مرده إلى زيادة منافسة كائنات التربة الدقيقة لها.

كذلك فإن إضافات الشيتين والشيتوسان قللت جوهريًّا من أمراض التربة والإصابة المرضية، وأدت إلى زيادة محصول الثمار وعددها وأحجامها، لكن لم يكن لها أى تأثير على النشاط البيولوجى فى التربة.

وفى المقابل لم يكن لكل من المعاملة بـ *Bacillus subtilis*، و *Pythium oligandrum*، ومستخلص الحشائش البحرية التجارى Marinure، ومستحلب السمك المغذى Nugro أى تأثير إيجابى على مكافحة أمراض التربة أو محصول الثمار.

وبذا.. فإن الإضافات العضوية منفردة أو مع الشيتين والشيتوسان تفيد فى مكافحة أمراض التربة (Giotis وآخرون ٢٠٠٩).

٤- المكافحة الحيوية:

أظهرت عزلات من الجنسين البكتيريين *Bacillus* spp.، و *Pseudomonas* spp. كفاءة عالية — نسبيًّا فى مكافحة الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotinia sclerotiorum* فى الطماطم (Soylu وآخرون ٢٠٠٥).

وأمكن مكافحة كل من الفطرين *Rhizoctonia solani*، و *Sclerotium rolfsii* فى الطماطم بنسبة تراوحت بين ٥٨٪، و٧٣٪ بحقن بعض الأنواع البكتيرية المضادة لها من خلال شبكة الرى بالتنقيط، وهى: السلالة T1A-2B من *Burkholderia cepacia*، والسلالة T4B-2A من *Pseudomonas* sp.، اللتان كان تأثيرهما مماثلاً لتأثير المعاملة بالترايكودرما *Trichoderma asperellum* وبعض المبيدات (DeCurtis وآخرون ٢٠١٠).

الندوة المتأخرة

يُسبب الفطر *Phytophthora infestans* مرض الندوة المتأخرة فى كل من الطماطم والبطاطس، إلاّ أن عزلات الفطر قد تختلف فيما تحمله من جينات الضراوة (وهى التى تكون سائدة غالبًا) على أى من المحصولين؛ ولذا.. قد توجد عزلات تصيب أحد المحصولين دون الآخر، وعزلات تُصيب كليهما، وقد تتباين الإصابة — بالعزلة الواحدة — فى شدتها بين المحصولين (Lee وآخرون ٢٠٠٢).

وتكثر فى الظروف الاستوائية وتحت الاستوائية الجراثيم الفطرية المحمولة بالهواء؛ الأمر الذى يُعد أكثر أهمية فى أوبئة الندوة المتأخرة عن الجراثيم التى تأتى من بقايا النباتات المصابة أو من العوائل الأخرى (Lima وآخرون ٢٠٠٨).

ومن أهم وسائل مكافحة الندوة المتأخرة، ما يلى:

١- المكافحة بالزيوت الأساسية:

عُوملت الطماطم بالزيوت الأساسية المستخلصة من الأجزاء الهوائية لكل من: الـ oregano (وهو: *Origanum syriacum* var. *bevanii*)، والزعتر thyme (وهو: *Thymbra spicata* subsp. *spicata*)، والخُزامى lavender (وهو: *Lavandula stoechas* subsp. *stoechas*)، وحصى البان rosemary (وهو: *Rosmarinus officinalis*)، والفينوكيا fennel (وهى: *Foeniculum vulgare*)، والغار laurel (وهو: *Laurus nobilis*).

كانت أكثر المركبات المتطايرة تواجدًا بهذه النباتات، كما يلى:

النبات	المركب الرئيسى	نسبته (٪)
الزعتر	carvacrol	٣٧,٩
الـ oregano	carvacrol	٧٩,٨
حصى البان	borneol	٢٠,٤
الخُزامى	camphor	٢٠,٢
الفينوكيا	anethole	٨٢,٨
الغار	1,8-cineole	٣٥,٥

ولقد وجد أن المركبات المتطايرة للـ oregano والزعتر بتركيز ٠,٣ ميكروجرام/مل ثبطت بصورة تامة نمو الفطر *Phytophthora infestans*، أما التثبيط الكامل لنمو الفطر باستعمال المركبات المتطايرة لباقى النباتات فإنه تطلب المعاملة بتركيز ٠,٤– ٢,٠ ميكروجرام/مل فى الهواء.

كذلك وجد أن المعاملة بالملامسة (وليس بالمركبات المتطايرة) بالزيوت الأساسية للـ oregano والزعتر والفينوكيا بتركيز ٦,٤ ميكروجرام/مل ثبطت نمو *P. infestans*

بصورة تامة، بينما احتاج التثبيط التام للفطر لتركيزات أعلى من كل من حصى البان، والخُزامى، والغار بلغت ١٢,٨، و٢٥,٦، و٥١,٢ ميكروجرام/مل، على التوالى.

وتجدر الإشارة إلى أن المركبات المتطايرة للزيوت الأساسية كانت دائمًا أكثر فاعلية من معاملة التلامس مع الزيت ذاته.

وقد ثبطت الزيوت وأبخرتها من تجرثم الفطر، وأحدثت بهيفاته تحورات موروفولوجية، مثل تجلط السيتوبلازم، وتكون الفجوات فيها، وتورمها، بالإضافة إلى التسرب الأيونى منها (Soylu وآخرون ٢٠٠٦).

٢- المكافحة البيولوجية:

استحثت معاملة بذور الطماطم ببكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو *Bacillus cereus* مقاومة جهازية ضد مسببات أمراض النموات الخضرية: *Alternaria solani* (الندوة المبكرة)، و *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة)، و *Septoria lycopersici* (تبقع الأوراق السبتورى)، وخفضت من شدة الإصابة بتلك الأمراض، مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول، بما يسمح بخفض جرعات المبيدات الفطرية التى تلزم لتحقيق المكافحة الجيدة (Silva وآخرون ٢٠٠٤).

كما أدت معاملة الطماطم بأربع عزلات من بكتيريا المحيط الجذرى تنتمى لأربعة أنواع بكتيرية (هى: *Burkholderia gladioli*، و *Miamiensis avidus*، و *Acinetobacter quenomosp*، و *Bacillus cereus*) إلى حث دفاع فعال ضد الفطر *Phytopthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة، كما حفَّزت نمو بادرات الطماطم. ورغم عدم ملاحظة أى اختلافات فى معدل إنبات الجراثيم الفطرية وتكوين الأجسام الماصة appressoria بين النباتات غير المعاملة وتلك المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى، فإن الكالّوز تكون بكثافة أكبر عند مواقع اختراق الفطر لأوراق النباتات المعاملة عما حدث بأوراق النباتات غير المعاملة، بما يعنى حث تلك العزلات لاستجابات دفاعية ضد *P. infestans* (An وآخرون ٢٠١٠).

٣- المعاملة بمستحثات المقاومة الكيميائية:

فى محاولة لمكافحة مرض الندوة المتأخرة وجد Cohen (١٩٩٤) أن رش نباتات الطماطم فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية السادسة إلى السابعة بالحامض الأمينى غير البروتينى DL-3-amino-n-butanoic acid أدى إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestons*. وقد أعطت رشة واحدة من هذا الحامض الأمينى بتركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون (١٩,٤ مللى مولارًا) — قبل الحقن بالفطر أو بعد الحقن به مباشرة — مكافحة بلغت ٩٥٪، مقارنة بمعاملة الشاهد. كما وفرت المعاملة حماية — كذلك — ضد ٧ سلالات من الفطر فى ٧ أصناف من الطماطم. ويستدل من دراسات Cohen & Gisi (١٩٩٤) أن المركب يوفر الحماية الجهازية ضد الفطر — بعد انتقاله داخل النبات — وذلك بإحداث تغييرات فى تركيب الجدر الخلوية أو فى الأيض النباتى بطريقة تجعل النبات أكثر مقاومة للإنزيمات التى يفرزها الفطر.

٤- المعاملة بالفضة النانو:

وجد أن المعاملة فى بيئات المزارع بالفضة النانو silver nanoparticles (اختصارًا: AgNPs) التى تم تمثيلها بمستخلص مائى للـ *Artemisia absinthium* أدت إلى تثبيط النمو الهيفى لعدد من فطريات الفيتوفثورا (شملت: *Phytopthora infestans*، و*P. parasitica* ، و *P. palmivora*، و *P. cinnamomi*، و *P. tropicalis*، و *P. capsici*، و *P. katsurae*)، كما ثبَّطت إنبات الجراثيم، وإنتاج الجراثيم السابحة فى النباتات.. كما منعت المعاملة الإصابة بالفيتوفثورا وحسنت النمو النباتى، ولم يكن لها أى تأثير سلبى على النمو النباتى (Ali وآخرون ٢٠١٥).

الندوة المبكرة

تفيد المكافحة البيولوجية فى مكافحة الندوة المتأخرة، كما يتبين مما يلى:

أعطت معاملة الطماطم بخليط من السلالتين البكتيريتين: Pf1، و Py15 من *Pseudomonas fluorescens*، والسلالة Bs16 من *Bacillus subtilis*، ومستخلص

نبات الـ Zimmu (وهو هجين نوعى: *Allium cepa × Allium sativum*) فى قاعدة من بودرة التلك .. أعطت هذه المعاملة مكافحة جيدة للفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة، كانت أفضل من أى من المعاملات الأخرى بأى من مكونات هذا الخليط. كذلك أحدثت تلك المعاملة زيادة فى نشاط إنزيمات الدفاع النباتى: البيروكسيديز، والبولى فينول أوكسيديز، والفينيل آلانين أمونيا لاييز، والشيتينيز، وبيتا -١، ٣ - جلوكانيز، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول؛ بما يعنى أن المعاملة استحثت مقاومة جهازية ضد الفطر الممرض (Latha وآخرون ٢٠٠٩).

واستخدمت ٢٨ عزلة عن الترايكودرما .*Trichoderma* spp فى مكافحة البكتيريا *Xanthomonas euvesicatoria* مسببة مرض البقع البكتيرية، والفطر *Alternaria solani* مسبب مرض الندوة المبكرة فى الطماطم، ووجدت عزلتان (هما: IB 28/07 و IB 30/07) كانتا قادرتين على خفض شدة الإصابة بالمسببين المرضيين، بالإضافة إلى سلالة ثالثة (هى: IB 37/01) كانت قادرة على خفض شدة الإصابة بالبقع البكتيرية، وأخرى رابعة (هى: IB 42/03) كانت قادرة على خفض شدة بالإصابة بالندوة المبكرة (Fontenelle وآخرون ٢٠١١).

البياض الدقيقى

من بين الوسائل التى تفيد فى مكافحة البياض الدقيقى، ما يلى:

١- المعاملة بالزيوت النباتية:

أحدثت معاملة الطماطم بتركيز ٠,١٪ من مستحلبات عدد من الزيوت النباتية شملت: زيت الكانولا، وزيت الذرة، وزيت بذرة العنب، وزيت الفول السودانى، وزيت بذرة الكتان، وزيت فول الصويا، وزيت عباد الشمس.. أحدثت خفضًا كبيرًا فى شدة الإصابة بالبياض الدقيقى الذى يسببه الفطر *Oidium neolycopersici*، وكان أكثرها فاعلية زيت عباد الشمس الذى أدت المعاملة به بتركيز ٠,٥٪ إلى خفض الإصابة إلى مستوى لا يُذكر، وكان مرد ذلك إلى تثبيط زيت عباد الشمس لإنبات الجراثيم الكونيدية للفطر ونمو الغزل الفطرى (Ko وآخرون ٢٠٠٣).

٢-١ المعاملة بالكبريت القابل للبلل وبمستحثات المقاومة:

أعطت المعاملة بأى من الكبريت القابل للبلل أو بأى من مستحثات المقاومة المتوفرة تجاريًّا: Chitoplant أو Milsana درجة متساوية من المقاومة للفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الطماطم (Ribas-Agusti وآخرون ٢٠١٣).

٣- المعاملة بالسيليكون:

أدى رش نباتات الطماطم بسيليكات البوتاسيوم K_2SiO_3 بتركيز ١ جم/لتر ماء كل ١٢ يومًا إلى حمايتها بدرجة عالية من الإصابة بالفطر *Leveillula taurica* مسبب مرض البياض الدقيقى؛ حيث انخفض دليل شدة الإصابة من حوالى ٧٥٪ فى نباتات الكنترول إلى حوالى ٥٪ فى النباتات المعاملة. ولم يكن التركيز المستخدم من سيليكات البوتاسيوم سامًا لنباتات الطماطم (Yanar وآخرون ٢٠١١).

عفن الثمار الألترنارى

من بين وسائل مكافحة مرض عفن الثمار الألترنارى، ما يلى:

١- المعاملة بالشيتوسان والمثيل جاسمونيت:

كانت معاملة نباتات الطماطم بخليط من ٠,١٪ شيتوسان chitosan، و٥٠٠ ميكروليتر/لتر من المثيل جاسمونيت methyl jasmonate أفضل فى مكافحة الفطر *Alternaria alternata* بالثمار بعد الحصاد عن المعاملة المنفردة بأى منهما؛ حيث أحدثت كذلك تلك المعاملة المزدوجة نشاطًا أعلى فى كل من الإنزيمات الدفاعية: الـ polyphenol oxidase، والبيروكسيديز peroxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Chen وآخرون ٢٠١٤).

٢- المكافحة البيولوجية:

تستحث المعاملة بالفطر غير المرض *Penicillium oxalicum* مقاومة فى الطماطم ضد الإصابة بالفطر *Alternaria alternata*، وذلك من خلال تأثيرها على مسار تمثيل

الـ phytochelatin ومسار حامض السلسيلك. وكان مسار حامض الجاسمونك معاكس لمسار حامض السلسيلك والـ phytochelatin (Ahmad وآخرون ٢٠١٤).

كانت المعاملة المشتركة بكل من الخميرة *Rhodotorula glutinis* والمواد الناشرة rhamnolipids (التى تنتجها البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa*) بتركيز ٥٠٠ ميكروجرام/لتر أكثر كفاءة فى تثبيط الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* فى ثمار الطماطم الشيرى عن المعاملة بأى من الخميرة أو المواد الناشرة منفردين. كما حفَّزت المعاملة المشتركة – تلك – جوهريًّا نشاط الإنزيمات: peroxidase، والـ polyphenoloxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase عما حدث فى أى من المعاملتين المنفردتين. إن هذه المعاملة المشتركة استحثت المقاومة وأسرعت استعمار الخميرة لسطح الثمار وحفزت من نموها عليها (Yan وآخرون ٢٠١٤).

٣- المكافحة بالمستخلصات النباتية

وجد أن معاملة ثمار الطماطم الكريزية – المعدية بالفطر *Alternaria alternata* – بمستخلص أوراق سلالة برية من الفلفل *Capsicum annuum* غنية فى محتواها الفينولى وبنشاطها المضاد للأكسدة خفضت جوهريًّا من شدة إصابتها بالفطر (Pane وآخرون ٢٠١٦).

العفن الرمادى

إن من أهم وسائل مكافحة مرض العفن الرمادى (أو التلطخ الرمادى أو عفن بوتريتس)، ما يلى:

١- الممارسات الزراعية

أ- تجنب الرى الغزير، والرى المتأخر، والرى بالرش، والمحافظة على سطح مصاطب الزراعة جافًّا فى حالة الرى بالغمر، وكذلك تجنب رقاد النموات الخضرية فى قنوات المصاطب.

ب- التربية الرأسية للنباتات، لكى لا تلامس التربة الرطبة الملوثة بالفطر.

ج- زيادة التهوية، خاصة عند قاعدة النباتات بإزالة الأوراق المسنة حتى العنقود الأول الناضج فى الزراعات المحمية. تؤدى التهوية إلى خفض الرطوبة النسبية التى تعد من أهم العوامل المسئولة عن الإصابة، فقد وجد Tezuka وآخرون (١٩٨٣) أن انتشار المرض يكون أسرع ما يمكن فى رطوبة نسبية ١٠٠٪، ويقل انتشاره كثيرًا فى رطوبة نسبية٨٠٪، ويمكن وقف انتشاره بدرجة مؤثرة بخفض الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية إلى أقل من ٩٥٪، وتفيد التدفئة شتاء فى خفض نسبة الرطوبة.

ولقد أمكن التوصل إلى طريقة سهلة وسريعة للتعرف على كثافة تواجد جراثيم الفطر *Botrytis cinerea* فى محيط النمو النباتى؛ بما يجعل من الممكن التنبؤ بشدة الإصابة التى يمكن أن تحدث سواء أكانت قبل الحصاد، أم بعده أثناء التخزين (Wakeham وآخرون ٢٠١٦).

٢- المعاملة بالسيليكون:

على الرغم من أن السيليكون ليس من العناصر الضرورية للنباتات، فإنه يشكل ما بين ١,٠٪، و١٠٪ من المادة الجافة فى مختلف النباتات، ويلعب دورًا فى الحماية من حالات الشد البيئى والبيولوجى. وقد أدت إضافة السيليكون إلى المحاليل المغذية للطماطم إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى سمك طبقة الكيوتكل والبشرة بأكثر من ١٠٪ (Pozo وآخرون ٢٠١٥).

٣- المكافحة البيولوجية وبمستحثات المقاومة:

من بين ١٥ عزلة من الخمائر والفطريات الخيطية والبكتيريا.. خفضت ١١ عزلة منها — جوهريًّا — إصابة الطماطم بفطر البوتريتس *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، و ٧ عزلات خفضت الإصابة جوهريًّا فى الخيار. وعندما أكثرت ٦ عزلات

للمعاملة بها وجد أنها خفضت الإصابة بالفطر بنسبة ٥٠٪ – ١٠٠٪ (Dik وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أمكن استخدام الخميرة *Candida guilliermondii* (السلالتان: ١٠١، و US7) والخميرة *C. olephila* (السلالة 1-82:1) – وهى الخمائر التى تستخدم فى مكافحة أمراض ما بعد الحصاد – أمكن استخدامها فى مكافحة الفطر *B. cinerae* على نباتات الطماطم (Saligkarias وآخرون ٢٠٠٢).

واستحث سقى التربة بمحلول benzothiadiazole بتركيز ٠,٠١٪ تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين فى نباتات الطماطم، بينما أدت المعاملة بمعلق السلالة T39 من فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* بتركيز ٠,٤٪ إلى حث تمثيل حامض الجاسمونيك. وأدت معالمة الميكوريزا إلى تحفيز مقاومة الأوراق للفطر *B. cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم، حيث تراوح الانخفاض فى شدة الإصابة بالفطر بين ٦٢٪ عندما كان تركيز المعلق ٠,٠٤٪، و ٨٤٪ عندما كان التركيز ٠,٤٪. وقد أظهر فحص أوراق النباتات المعاملة بالميكوريزا أنها أدت إلى تمثيل حامض السلسيلك والإثيلين ونشاط الإنزيمات المسئولة عن ذلك، وكذلك حث المقاومة ضد الفطر *B. cinerea* بدرجة تناسبت مع تركيز المعلق المستخدم. أما المعاملة بالـ benzothiadiazole فقد استحثت مقاومة ضد العفن الرمادى بصورة مستقلة عن حامض السلسيلك، وإن كانت قد استحثت نشاطًا قويًا فى جينين يُعرفان بدورهما فى المقاومة ضد *B. cinerea*، هما Pti5، و P12 (Harel وآخرون ٢٠١٤).

وأدى استنبات البذور لمدة أسبوع فى محلول من الـ β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA) أو حامض الجاسمونك jasmonic acid إلى تحسين كفاءة الإنبات، دون التأثير على النمو النباتى، واستُحِثت مقاومة للفطر *Botrytis cinerea* فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع. كذلك استُحِثت المقاومة فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع عندما

عوملت الجذور بأى من المركبين. أما معاملة تغليف البذور بأى من المركبين فى carboxymethyl cellulose فلم تكن فعالة فى حث المقاومة ضد الفطر فى النباتات التى بعمر ٤ أسابيع إلاّ فى حالة المعاملة بالـ BABA فقط. هذا.. إلاّ أن معاملة الجذور ثبَّطت النمو النباتى، خاصة فى التركيزات العالية من أى من المركبين. ولم تؤثر أى من المعاملات المذكورة أعلاه فى استعمار فطريات الميكوريزا للجذور (Luna وآخرون ٢٠١٦).

عفن التربة وأعفان الثمار الأخرى

إن من أفضل الوسائل لمكافحة مرض عفن التربة – الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani* – ما يلى:

١- الممارسات الزراعية المناسبة، والتى منها ما يلى:

أ- منع الثمار من ملامسة التربة بالتربية الرأسية، أو باستعمال الأغطية البلاستيكية للتربة.

ب- التردبم الجيد على النباتات أثناء العزيق حتى تُصبح النباتات بعيدة عن مجرى قناة المصطبة.

ويُعد الرش بالمبيدات من أهم وسائل مكافحة أعفان الثمار الفطرية الأخرى؛ فيعطى الرش بالكلوراثالونيل chlorathalonil مكافحة جيدة للفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود black mould فى ثمار الطماطم (Davis وآخرون ١٩٩٧).

وقد وجد أن المعاملة بالخميرة *Cryptococcus laurentii* بعد الحصاد تستحث مقاومة فى ثمار الطماطم الشيرى ضد الإصابة بالفطر *Alternaria alternata* مُسبب مرض العفن الأسود، وترافق ذلك مع زيادة فى نشاط الجين LePR5 الذى يلعب دورًا فى الدفاع ضد إصابات بعد الحصاد بإنتاجه لبروتين يُسهم فى عملية الدفاع تلك (Guo وآخرون ٢٠١٦).

وكانت معاملة نباتات طماطم الاستهلاك الطازج النامية فى البيوت المحمية بالتحضير التجارى Rhapsody – الذى يحتوى على السلالة QST713 من *Bacillus subtilis* – بتركيز ١,٤٥٪ كل أربعة أسابيع مناسبة للمحافظة على تركيز عالٍ بقدر كافٍ من البكتيريا على سطح الثمار لمنع انتشار أكثر فطرين إحداثًا لأعفان الثمار، وهما: *Penicillium* sp.، و *Rhizopus stolonifer*؛ مما تسبب فى إحداث مقاومة جوهرية لأمراض ما بعد الحصاد فى طماطم الاستهلاك الطازج. وعندما كان تخزين تلك الثمار على ١٣ °م لمدة لا تزيد عن ١٢ يومًا فإن الإصابة المرضية فيها كانت شبه معدومة (Punja وآخرون ٢٠١٦).

الذبول البكتيرى

إن من أهم وسائل مكافحة الذبول البكتيرى، ما يلى:

١– اتباع الممارسات الزراعية المناسبة:

وجد أن زراعة الفجل (صنف Melody)، أو النوع البقولى *Crotalaria spectabilis* قبل الطماطم مباشرة أدى إلى خفض إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* بنسبة ٨٦٪، و ٦٠٪، على التوالى، على الرغم من أن تلك الزراعات السابقة للطماطم لم تُخفِّض من تواجد البكتيريا فى التربة بأكثر مما حدث عندما تركت الأرض بدون أى زراعة قبل الطماطم، وكان ذلك الانخفاض فى الحالتين محدودًا (Deberdt وآخرون ٢٠١٥).

٢– التطعيم على أصول مقاومة:

من أصول الطماطم المقاومة للبكتيريا المسببة للذبول البكتيرى كلاً من: BHN 998، و BHN 1054، و RST-04-106-T (عن Kunwar وآخرين ٢٠١٥).

لقد عُرفت عدة أصول للطماطم مقاومة للبكتيريا، من أمثلتها: سلالتى الطماطم Hawaii 7998، و Hawawii 7996، والسلالة CRA 66 من *Solanum lycopersicum* var.

cerasiforme، وجميعها أعطت نتائج جيدة فى مكافحة المرض. وعلى الرغم من شدة ثبات مقاومة تلك الأصول، فقد ظهرت بعض السلالات strains التى أمكنها إصابتها. كذلك تستخدم سلالة الباذنجان المقاومة H7996 كأصل للطماطم.

ومن سلالات *Solanum* الأخرى المقاومة التى نجح استعمالها كأصول للطماطم والباذنجان سلالات من كل من: *Solanum toxicarium*، و *Solanum sisymbriffolium*، و *Solanum torvum* (Louws وآخرون ٢٠١٠).

ولقد أعطى تطعيم الطماطم القابلة للإصابة بالذبول البكتيرى على أصول مقاومة (عشرة أصول مختلفة) مقاومة جيدة ومنتظمة للمرض، مع تحسين فى محصول الثمار (McAvory وآخرون ٢٠١٢، و Rivard وآخرون ٢٠١٢).

٣- المكافحة بالزيوت النباتية وبالمستخلصات النباتية:

ثبطت زيوت الكراوية والزعتر والنعناع والمردقوش (البردقوش) marjoram نمو البكتيريا *R. solanacearum* — مسببة مرض الذبول البكتيرى فى الطماطم — بدرجات متباينة، وكان أقواها تأثيرًا زيت الزعتر، وتلاه زيت النعناع، وكان أقلها زيت الكراوية والبردقوش. وتحت ظروف الصوبة والحقل أعطت معاملة زيت الزعتر أقوى تأثير فى تقليل الإصابة بالمرض، حيث بلغ الانخفاض فى المرض (٩٥٪–٩٧٪ فى عامى الدراسة (Abo-Elyousr وآخرون ٢٠١٤).

وأدت المعاملة بمستخلصات الداتورة والثوم إلى خفض إصابة الطماطم بالذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *R. solanacearum* (Abo-Elyousr & Asran ٢٠٠٩).

٤- المعاملة بالثيمول ومستحثات المقاومة:

أمكن مكافحة الذبول البكتيرى فى الطماطم فى أحد أصناف الطماطم المتحملة أو متوسطة المقاومة بالمعاملة المشتركة بكل من تبخير التربة بالثيمول thymol (وهو فينول من الـ monoterpenes مستخلص من الزعتر) بمعدل ٩,٤٣ كجم/ هكتار (٣ كجم/فدان)

بعد ٢٤ ساعة من حقن التربة بالبكتيريا المرضة وقبل أسبوع من شتل الطماطم، والرش الورقى بالـ Actigard 50 WG (وهو: acibenzolar-S-methyl.. اختصارًا: ASM، الذى يعد حاثًّا للمقاومة الجهازية المكتسبة SAR) (Hong وآخرون ٢٠١١).

٥- المعاملة بالكالسيوم:

أدت معاملة المحلول المغذى للطماطم بالكالسيوم إلى زيادة تركيز الكالسيوم بسيقان النباتات، وذلك مع زيادة تركيز الكالسيوم من ٠,٤ إلى ٤,٤ ثم إلى ٢٠,٤ مللى مول، وكان ذلك مصاحبًا بخفض لتواجد البكتيريا *R. solanacearum* (مسببة مرض الذبول البكتيرى) فى السيقان، وهو الأمر الذى حدث — كذلك — بزيادة مستوى المقاومة فى النباتات، إلاّ أن المعاملة بالكالسيوم لم تُخفض شدة الإصابة بالمرض إلاّ فى الصنف المتوسط المقاومة Zuiei (Yamazaki & Hoshina ١٩٩٥).

وقد أدت إضافة الكالسيوم إلى المحلول المغذى للطماطم بتركيز ٠,٥، و ٥,٠، و٢٥,٠ مللى مول إلى تناقص فى شدة إصابة النباتات بالذبول البكتيرى الذى تُسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* من ١٠٠٪ إلى ٧٧,١٪ وإلى ٥٦,٨٪، على التوالى وكان نمو النباتات فى التركيز العالى من الكالسيوم أفضل جوهريًّا عما فى التركيز المنخفض، وذلك فيما يتعلق بالنمو الطولى وقطر الساق والكتلة البيولوجية. وازداد امتصاص النباتات للكالسيوم فى الجذور والسيقان جوهريًّا بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى. كذلك ارتفع تركيز الـ H_2O_2 سريعًا فى نباتات معاملة الكالسيوم العالية، ووصل إلى ١٠,٨٦ ميكرومول/جم وزن طازج (أعلى بمقدار ٣١,٣٢٪ عما فى معاملة الكالسيوم المتوسطة). وأيضًا ارتفع نشاط الإنزيمين: بيروكسيديز peroxidase، وبولى فينول أوكسيديز polyphenol oxidase فى معاملة الكالسيوم العالية. وقد وُجد ارتباط سلبى بين شدة الإصابة بالمرض وكل من تركيز الكالسيوم، ومستوى الـ H_2O_2، ونشاط البيروكسيديز والبولى فينول أوكسيديز، مما يدل على قيامها بدور هام فى المقاومة (Jiang وآخرون ٢٠١٣).

٦- المعاملة بالسيليكون:

أحدثت معاملة نباتات الطماطم بأى من السيليكون أو بكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus pumilis* خفضًا جوهريًّا فى إصابتها بالبكتيريا *R. solanacearum* بنسبة ٥٠,٧٪، و ٢٦,٧٪ - على التوالى — فى الصنف King Kong 2 متوسط المقاومة، وبنسبة ٣١,١٪، و٢٢,٢٪ - على التوالى — فى السلالة L 390 القابلة للإصابة. ووجد أن معاملة السيليكون أحدثت خفضًا جوهريًّا فى نشاط الإنزيم lipoxygenase، وهى المعاملة التى كانت أقوى فى خفض شدة الإصابة عن المعاملة بالبكتيريا *B. pumilis* (Kurabachew & Wydra ٢٠١٤).

٧- المكافحة البيولوجية:

أمكن عزل ٧٩ سلالة من الفطريات المحفزة للنمو النباتى plant growth-promoting fungi (اختصارًا: PGPFs) من تربة المحيط الجذرى، أظهرت تسع منها قدرة على المعيشة الرمية، واستعمار المحيط الجذرى، وإذابة الفوسفات، وإنتاج إندول حامض الخليك، وتحفيز النمو النباتى. وقد أدت معاملة بذور الطماطم بأربع من تلك العزلات إلى التبكير فى بزوغ البادرات، وتحفيز نمو النباتات فى صنف قابل للإصابة بالذبول البكتيرى، مقارنة بالنمو فى نباتات الكنترول التى لم تتلق تلك المعاملة. ولقد أدت المعاملة بالعزلتين TriH-JSB27، و PenC-JSB41 إلى تحسين دلائل النمو الخضرى والتكاثرى، وحدث أعلى امتصاص للفوسفور فى النباتات التى عُوملت بالعزلة TriH-JSB27. كما حدث خفض جوهرى بمقدار ٥٧,٣٪ فى الإصابة بالبكتيريا *R. solanacearum* فى النباتات التى عُوملت بتلك السلالة TriH-JSB27، كذلك أدت المعاملة بأى من الـ PGPFs إلى زيادة نشاط الإنزيمات والجينات ذات العلاقة بالدفاع النباتى، وكان أعلى نشاط لإنزيمات: الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ peroxidase، والـ β-1,3-glucanase عندما كانت المعاملة بالسلالة TriH-JSB27 (Jogaiah وآخرون ٢٠١٣).

النقط البكتيرية والبقع البكتيرية

كانت أكثر الطرق شيوعًا لمكافحة الأمراض التى تسببها البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (النقط البكتيرية)، و *Xanthomonas compestris vesicatoria* (البقع البكتيرية) — ولمدة أكثر من ستة عقود — هى الرش بالمبيدات البكتيرية، والتى تتضمن بعض المركبات النحاسية أو العناصر الثقيلة، والتى قد يخلط معها بعض المبيدات الفطرية. كذلك استخدمت المضادات الحيوية بدرجة أقل. هذا إلاّ أن جميع هذه الطرق لم تكن مرضية، وكثيرًا ما صاحبتها ظهور أوبئة شديدة، خاصة وقد ظهرت مؤخرًا كثيرًا من السلالات المقاومة للمركبات النحاسية.

ومن البدائل التى حلت مؤخرًا محل المركبات النحاسية، ما يلى:

١- المعاملة بالنيم:

وجد أن معاملة الطماطم بمستخلص النيم يوفر حماية لها من الإصابة بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، وارتبط ذلك بتواجد وتراكم عدد من أيزوإنزيمات الـ polyphenol oxidase، والـ peroxidase ارتبطت بالجدر الخلوية للنباتات المعاملة، وهى التى ربما وفرت حماية للنباتات ضد الإصابة بالبكتيريا (Bhuvaneshwari وآخرون ٢٠١٥).

٢- المعاملة بالشيتوسان:

حقق رش نباتات الطماطم بشيتوسان ذى وزن جزيئى منخفض بتركيز ٣ جم/لتر مكافحة للبكتيريا *Xanthomonas gardneri* — مسببة مرض البقع البكتيرية — بنسبة بلغت ٥٦٪ عندما كانت المعاملة قبل العدوى بالبكتيريا بثلاثة أيام. ويُعتقد أن مرد هذا التأثير إلى حث الشيتوسان تكوين آليات دفاعية فى النبات (Coqueiro وآخرون ٢٠١١).

٣- المعاملة بحامض الفوسفورس والـ ASM:

تُفيد معاملة الطماطم أسبوعيًّا بأملاح حامض الفوسفورس phosphorous acid مخلوطًا بمبيد نحاسى، أو بالتبادل معه، والمعاملة الأسبوعية بأملاح حامض الفوسفورس مع المعاملة كل أسبوعين بالـ acibenzolar-S-methyl.. تفيد فى مكافحة التبقع البكتيرى بدرجة مماثلة لتلك التى تتحقق باستخدام برنامج مكافحة قياسى يعتمد على المبيدات البكتيرية النحاسية (Wen وآخرون ٢٠٠٩).

وتُفيد المعاملة بالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) فى تنشيط الدفاع النباتى وإكساب النباتات مقاومة جهازية ضد البكتيريا المسببة للبقع البكتيرية. وقد ازداد مستوى مكافحة المرض بزيادة عدد مرات الرش بالمركب حتى ١٠ مرات، مع تقليص الفترة بين المعاملات إلى ٨-١٠ أيام؛ هذا.. إلاّ أن هذا العدد من المعاملات أثر سلبيًّا على كمية المحصول. وقد وجد أن الانخفاض فى شدة الإصابة المرضية استمر لمدة ٦ أيام بعد كل معاملة بالـ ASM. كما وجد أن الرش بالمركب ٧ مرات على فترات أسبوعية يليها ٦ رشّات بأيدروكسيد النحاس صاحبة درجة أقل من الإصابة المرضية عما حدث فى برنامج الرش القياسى بأيدروكسيد النحاس، دون تغير فى محصول الثمار أو محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة بين برنامجى المكافحة (de Carvalho Pontes وآخرون ٢٠١٦).

٤- المكافحة البيولوجية:

أدت المعاملة بالسلالة QST 713 من البكتيريا *Bacillus subtilis* إلى خفض شدة إصابة الطماطم بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، وخفض أعداد البكتيريا بالنبات، وزيادة التعبير عن الجين Pin2 (بما يعنى أنه يلعب دورًا إيجابيًّا فى النشاط المؤدى للحماية من البكتيريا)، وذلك مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول التى تم تُعامل (Fousia وآخرون ٢٠١٦).

ولقد أدت معاملة بذور الطماطم بخليط من البكتيريا المنشطة للنمو *Azospirillum brasilense* والبكتيريا المسببة لمرض النقط البكتيرية *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* إلى انخفاض تواجد البكتيريا المرضة فى المحيط الجذرى، وزيادة فى تواجد البكتيريا المنشطة للنمو، ومنع تطور مرض النقط البكتيرية، وتحسين النمو النباتى. كذلك أحدثت معاملة الأوراق بخليط من النوعين البكتيريين خفضًا جوهريًّا فى تواجد البكتيريا المرضة وخفضًا آخر جوهرى فى شدة المرض. وبينما استمر تواجد النوعين البكتيريين فى المحيط الجذرى لمدة ٤٥ يومًا عندما عوملت البذور بكل منهما منفردة، فإن النوع المرض لم يستمر فى البقاء فى المحيط الجذرى فى وجود *A. brasilense*. هذا.. ولم تكن معاملة النموات الخضرية بالبكتيريا *A. brasilense* مجدية فى مكافحة المرض عندما أجريت بعد الإصابة الفعلية بالبكتيريا المرضة (Bashan & de-Bashan ٢٠٠٢).

كما كانت معاملة رش النموات الخضرية للطماطم بالسلالة Cit 7 من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas syringae* عالية الكفاءة فى مكافحة كلاً من: البكتيريا: *P. syringae* pv. *tomato* مسببة مرض النقط البكتيرية، والبكتيريا: *Xanthomonas campestris vesicatoria*، و *X. vesicatoria* مسببتا مرض البقع البكتيرية. وعندما أُجريت المعاملة للبذور أو عن طريق إضافة المعلق البكتيرى للتربة أحدثت السلالة 89 B-61 من البكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Pseudomonas fluorescens* خفضًا جوهريًّا فى شدة إصابة النموات الخضرية للطماطم بالنقط البكتيرية. كذلك أحدثت سلالة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى 89 B-61 والسلالة SE34 من *Bacillus pumilus* خفضًا للإصابة بالبقع البكتيرية. أما الجمع فى معاملة رش النموات الخضرية بالسلالة Cit7، والسلالة المنشطة للنمو التباتى 89 B-61 فقد أحدثت مكافحة جوهرية للمرضين فى جميع التجارب الحقلية التى أجريت (Ji وآخرون ٢٠٠٦).

٥- المعاملة بمستحثات المقاومة:

يمكن الاعتماد على Actigard 50WG (وهو: Acibenzolar-S-methyl) – المستحث للمقاومة الجهازية – كبديل فعال للمبيدات البكتيرية النحاسية فى مكافحة مرضى البقع البكتيرية (*X. vesicatoria*)، والنقط البكتيرية (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) فى الطماطم (Louws وآخرون ٢٠٠١).

وأحدثت معاملة نباتات الطماطم بأى من الـ acibenzolar-S-methyl، أو *B. subtilis* مع أيدروكسيد النحاس خفضًا جوهريًّا فى الإصابة بالبكتيريا *Xanthomonas euvesicatoria*. مسببة مرض البقع البكتيرية – بدرجة لم تختلف جوهريًّا عن المكافحة القياسية باستعمال النحاس مع المانكوزب (Roberts وآخرون ٢٠٠٨).

كما أدت معاملة الطماطم بمعدلات منخفضة من الـ Acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) مقدارها ٧٥ ميكرومول (أى ١,٥٨ جم مادة فعالة/ هكتار فى ١٠٠ لتر ماء، أى نحو ٠,٦٦ جم مادة فعالة/ فدان فى ٤٢ لتر ماء) إلى مكافحة التبقع البكتيرى فى الطماطم بصورة جوهرية، مقارنة بالإصابة فى نباتات الكنترول التى لم تُعامل، علمًا بأن هذا المرض تسببه أربعة أنواع مختلفة من جنس *Xanthomonas* (Huang وآخرون ٢٠١٢).

الفصل السادس

تحديات الإنتاج المرضية والحشرية ووسائل التغلب عليها
ثانيًا: الأمراض الفيروسية والنيماتودا والحشرات

نتطرق فى هذا الفصل إلى بعض الأمراض الفيروسية، والنيماتودا، والآفات الحشرية والأكاروسية التى تُعد من تحديات الإنتاج، مع التركيز على طرق مكافحتها.

إن من الأمور التى عُرفت مؤخرًا أن معاملة نباتات الطماطم بالـ pyraclostrobin (الذى يُعد مبيدًا فطريًّا) تؤدى إلى تنشيط دفاعاتها ضد الإصابة المستحدثة بكلٍ من فيرس موزايك الخيار، وفيرس Y البطاطس، والبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*؛ فقد أخَّرت المعاملة التطور المرضى لكلٍ من تلك المسببات المرضية، على الرغم من أن أعداد البكتيريا داخل النباتات لم تتأثر جوهريًّا. وتحت ظروف الحقل انخفضت شدة الإصابة بفيرس موزايك الخيار فى النباتات المعاملة فى جميع مراحل نموها (Skandalis وآخرون ٢٠١٦).

فيرس موزايك الطماطم

ينتقل الفيرس أساسًا بالملامسة لنباتات طماطم أو حشائش مصابة، ولأيادٍ وآلات ملوثة بالفيرس سبقت ملامستها لنباتات مصابة. وتُعد مياه الرى مصدرًا آخر للإصابة؛ فقد أمكن الكشف عن وجود فيرس موزايك الطماطم فى مياه الرى وتقدير هذا التواجد كميًّا بطريقة سريعة وكفؤة وحساسة (Boben وآخرون ٢٠٠٧).

ومن أهم وسائل مكافحة فيرس موزايك الطماطم، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

إن أصناف الطماطم المقاومة لفيرس موزايك التبغ كثيرة، وخاصة بين أصناف الزراعات المحمية. ويجب استخدام تلك الأصناف فى الزراعة متى توفرت.

٢- اتباع وسائل النظافة العامة:

من أمثلة تلك الوسائل، ما يلى:

أ- تعقيم المشاتل وأوعية نمو النباتات، وبيئة نمو الجذور بالبخار على ١٠٠ °م لمدة ٣٠ دقيقة، ونقع أو غسيل الآلات التى تستعمل فى زراعة أو شتل الطماطم أو خدمتها فى محلول فورمالدهيد بتركيز ١٪.

ب- غسل الأيدى جيدًّا بالماء والصابون قبل تداول النباتات.

ولقد وُجد أن الترشيح البطئ لمياه الرى بفلاتر الرمل يسمح بنفاذ جزيئات فيرس موزايك الطماطم TMV خلال الأسابيع الخمسة الأولى من استعمال الفلاتر، ثم ينخفض نفاذ الفيرس تدريجيًّا بعد ذلك إلى أن يتوقف النفاذ تمامًا فى الأسبوع السادس إلى التاسع، ويستمر توقفه بعد ذلك. ثبت ذلك عندما أضيفت جزيئات الفيرس النقى إلى ماء الرى قبل مروره من خلال المرشح، مع الكشف عنها باختبار الإليزا وبعدوى نباتات قابلة للإصابة به. ويعتقد بأن هذا التأثير لفلاتر الرمل يمكن أن يحدث مع فيروسات نباتية أخرى (Oki وآخرون ٢٠١٧).

٣- معاملة البذور لتخليصها من الفيرس:

تؤدى معاملة البذور بحامض الأيدروكلوريك بتركيز ٥٪ لمدة ٣-١٠ ساعات، مع التقليب على فترات إلى القضاء التام على جزيئات الفيرس المحمولة خارجيًّا على الغلاف البذرى. أما جزيئات الفيرس المحمولة داخليًّا — فى أى نسيج غير الإندوسبرم — فيمكن التخلص منها بوضع البذور فى حرارة ٧٠ °م لمدة ٣ أيام. كما أمكن تثبيط جزيئات الفيرس التى توجد فى إندوسبرم البذور بمعاملتها بالتراى صوديوم أورثوفوسفيت trisodium orthophpsphate ثم بهيبوكلوريت الصوديوم sodium hypochlorite، ولم يكن لهذه المعاملة تأثير سلبى على نسبة إنبات البذور (Gooding ١٩٧٥). وقد فُقِدَ الفيرس من بذور بعض سلالات الطماطم بعد تخزينها لعدة أشهر، إلا أنه ظل فى إندوسبرم سلالات أخرى لمدة ٩ سنوات.

٤- المعاملة باللبن (الحليب) والمواد الناشرة:

أمكن منع أو تقليل العدوى الميكانيكية بفيرس موزايك الطماطم برش النباتات باللبن الحليب قبل العدوى، بينما لم يكن لهذه المعاملة تأثيرًا يذكر بعد الإصابة بالفيرس. ويعتبر رش الشتلات قبل تداولها طريقة فعّالة لمنع انتشار الفيرس. ولا ينصح بغمر الشتلات فى اللبن؛ لأن ذلك يؤدى إلى ذبولها وموتها.

وللحصول على أفضل النتائج من هذه المعاملة، تجب مراعاة ما يلى:

أ- رش الشتلات بمسحوق لبن فرز (منزوع الدسم) مجفف يحتوى على ما لا يقل عن ٣٥٪ بروتين، بتركيز ١٠٪، حيث يؤدى ذلك إلى مكافحة انتشار الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًّا — مثل فيرس موزايك التبغ — عند تداول البادرات (Bosland & Votava ٢٠٠٠).

ب- رش المشاتل قبل التقليع بنحو ٢٤ ساعة بمعدل ١٠ لترات من الحليب الكامل الدسم أو الفرز، أو بنحو ١,٢٥ كجم من بودرة اللبن الفرز المجفف فى ١٠ لترات ماء لكل ٤٠ م^{٢} من المشتل، وهى مساحة تكفى لإنتاج شتلات لزراعة فدان من الحقل الدائم.

ج- تغمس الأيدى كل نحو ٢٠ دقيقة فى لبن كامل أو فرز، أو فى لبن محضر من ٠,٥ كجم بودرة لبن مجفف فى ٤ لترات ماء. ويجرى ذلك قبل تداول النباتات لإجراء مختلف العمليات الزراعية، مثل: الشتل، والتربية، والتقليم.

وقد استخدمت المادة الناشرة Dioctyl Sodium Sulfo-Succinate، والتى يطلق عليها اسم DOS كبديل للحليب، وكانت لها نفس فاعليته فى منع انتشار الفيرس، إلا أنها أدت إلى تأخير النمو والإزهار.

٥- المكافحة البيولوجية:

تؤدى عدوى (حقن) النباتات بسلالة غير مسببة للمرض، أو بسلالة ضعيفة من الفيرس إلى جعلها مقاومة للسلالات الأكثر ضراوة إذا تعرضت للإصابة بها بعد ذلك.

وتحدث فى المتوسط زيادة فى المحصول مقدارها حوالى ٢٥٪ عند عدوى النباتات بالسلالة الضعيفة، ثم بالسلالة القوية بالمقارنة بالمحصول الناتج عند إصابة النباتات بالسلالة القوية مباشرة (Vlasov وآخرون ١٩٧٤، و Vanderveken & Coutisse ١٩٧٥، و Ahoonmanesh & Shalla ١٩٨١).

ولتحقيق أفضل النتائج.. ينصح بعدوى الأوراق الفلقية للطماطم بمعلق نقى من سلالة ضعيفة من الفيرس قبل الشتل. تُظهر هذه النباتات عادة نقصًا قليلاً فى النمو بعد العدوى بفترة قصيرة، لكن نادرًا ما تظهر عليها أية أعراض أخرى بعد ذلك، وتبقى خالية من الأعراض حتى إذا تعرضت للإصابة بسلالة شديدة الضراوة من الفيرس. وتؤدى هذه المعاملة إلى زيادة محصول الثمار بنحو ٥٠٪–٧٠٪ بالمقارنة بمحصول النباتات التى تترك معرضة للإصابة بالسلالات القوية دون حمايتها بسلالة ضعيفة، كما تزيد فيها نسبة ثمار الدرجة الأولى، وتتشابه فى هذا الشأن مع النباتات المقاومة للفيرس.

ومن أهم عيوب هذه الطريقة فى مكافحة الفيرس: وجود الفيرس فى جميع النباتات بأعداد فلكية؛ مما يزيد من فرصة ظهور طفرات جديدة قد تكون أشد ضراوة من السلالات المعروفة من الفيرس. ومع أن هذه الطفرات لا تؤثر على النباتات التى تتكون فيها، إلا أنها تتكاثر وتزداد فرصتها للظهور فى المواسم التالية. كما أن لهذه الطريقة أخطارها الجسيمة عند تعرض نباتات الطماطم للإصابة بفيرس X البطاطس (PVX)، حيث تصاب النباتات حينئذٍ بمرض تخطيط الطماطم المزدوج؛ وبذلك تصبح النباتات عديمة القيمة الاقتصادية.

فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم

عوائل الفيرس

أظهرت دراسة أُجريت فى قبرص شملت حوالى ٤٠٠٠ عينة نباتية من أكثر ذوات الفلقتين شيوعًا، تنتمى لـ ١٢٢ نوعًا من ٢٥ عائلة لتحديد ما إذا كانت من عوائل فيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم (شكل ٦–١؛ يوجد فى آخر الكتاب) من عدمه. وقد تبين حمل ٤٦١ عينة للفيرس تنتمى لـ ٤٩ نوعًا من العائلات التالية:

Chenopodiaeeae
Convolvulceae
Euphorbiaeeae
Leguminosae
Orobanchaceae
Primulaceae
Umbelliferae
Amaranthaceae
Compositae
Cruciferae
Graminaceae
Malvaceae
Plantaginaceae
Solanaceae
Urticaceae

ويُستفاد من هذه الدراسة أن مجال عوائل الفيرس أكبر بكثير مما كان يُعتقد من قبل (Papayiannis وآخرون ٢٠١١).

ويُعد عنب الديب *Solanum nigrum* من الحشائش التى تصاب بشدة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، وهى الحشيشة التى يمكن أن تُشكل مصدرًا دائمًا لتجدد الإصابة بالفيرس فى حقول الطماطم (Bedford وآخرون ١٩٩٨).

كذلك يُصاب الفلفل بالفيرس (Reina وآخرون ١٩٩٩).

كما تُصاب الفاصوليا بالفيرس (Dong وآخرون ٢٠٠٧)، وتُعد أنواع الفلفل *C. annuum*، و *C. chinense*، و *C. frutescens*، و *C. baccatum* حاملة له بغير أعراض للإصابة (Polston وآخرون ٢٠٠٦).

وبينما تُعد تلك العوائل مصادر لانتشار الإصابة بالفيرس، فإن الفيرس لا يُعد خطيرًا إلاّ على الطماطم.

المكافحة

لمكافحة فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم يتعين منع تغذية حشرة الذبابة البيضاء الحاملة للفيرس على نباتات الطماطم بكل السبل الممكنة، مع مكافحة الذبابة ذاتها والحد من تكاثرها، لتجنب انتشار الفيرس بصورة وبائية فى حقول الطماطم.

وبينما يكون من السهل — نسبيًّا — مكافحة الذبابة البيضاء كآفة حشرية، والحد من أضرار تغذيتها المباشرة على النباتات.. فإن مكافحتها كناقل للفيرس Virus Vector يعد أمرًا أكثر صعوبة؛ حيث تكفى تغذية ثلاث حشرات فقط حاملة للفيرس على نبات الطماطم لإصابته بالفيرس.

ونظرًا للعلاقة الوثيقة بين مكافحة فيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم ومكافحة حشرة الذبابة البيضاء، فإن تناولنا للموضوع فى هذا المقام يتضمن مختلف طرق المكافحة المتكاملة لكليهما.

ومن أهم الوسائل المتبعة فى مكافحة الفيرس، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة:

لقد أُنتج منذ أواخر الثمانينيات وإلى الآن ما لا يقل عن خمسين هجينًا من الطماطم التى تتحمل الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم. وجميع هذه الهجن تصاب بالفيرس، ويلزم معها مكافحة الذبابة البيضاء، إلا أن أعراض الإصابة التى تظهر عليها لا تكون بنفس الشدة التى تظهر بها على أصناف الطماطم الأخرى، ولا يتأثر محصولها كثيرًا بالإصابة، كما يكفى معها لمكافحة الذبابة البيضاء نحو ربع عدد مرات الرش بالمبيدات التى تُعطى للأصناف الأخرى.

ومن أهم الهجن الموصى بها والمتحملة لفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، ما يلى:

فيونا	جاكال	سى إل ١٥٠
تى واى كنج	تى واى جولد	إى ٤٤٨ (القدس)
إى ٤٤٥ (دنيس)	صوفى	تريسى
سارة	أصالة	سوناتا
موناليزا	رابحة	عاليا
هبة	ياسمين	سوبر رد
جواهر	أدورا	مرام
روان	هجين ٣٤٧٩	ألترا

تتوفر الشرائط اللاصقة بعرض ٥ سم وبطول ٦٠٠ م، وهى تصنع من البوليثيلين، وتكون ذات لون أصفر زاهٍ، ومغطاة بمادة لزجة تلتصق بها الحشرات بعد أن تنجذب إلى اللون الأصفر. يحتاج الفدان إلى نحو ١٨٠٠ متر طولى من الشريط، ويكفى نحو لتر من المادة اللاصقة لدهان ١٠٠ متر من الشريط.

أما اللوحات اللاصقة فإنها تتوفر بأبعاد ١٥ × ٣٠ سم، وهى عبارة عن شرائح من البلاستيك الأصفر الزاهى، وتغطى من الوجهين بمادة لاصقة. وتثبت هذه اللوحات عند مستوى النباتات.

تجذب الشرائط واللوحات اللاصقة الحشرات الصغيرة (مثل المن، والذبابة البيضاء، والتربس، ونافقات الأوراق) بسبب لونها الأصفر، ثم تلتصق بها. ولذا.. فهى تعد وسيلة فعالة لمكافحة الحشرات الناقلة للفيروسات (عن كتالوج A. H. Hummert Seed Co. ١٩٨٩).

وفى الزراعات المحمية توضع اللوحات أو الشرائط اللاصقة فى مواجهة وسائد التبريد، أو فتحات التهوية للتخلص من حشرة الذبابة البيضاء التى قد تتسرب إلى داخل البيت. ويؤدى استعمال هذه الشرائط إلى زيادة فاعلية المبيدات فى مكافحة الذبابة البيضاء (Rui & Zheng ١٩٩٠).

ومن عيوب استعمال شرائح البوليثيلين الصفراء اللاصقة فى الحقول المكشوفة تعرضها للتمزق بفعل الرياح، كما أن كفاءتها تقل تدريجيًّا، بسبب التصاق الغبار وحبيبات الرمل — التى تحملها الرياح — بها (عن Palti ١٩٨١).

ج- استعمال أغطية التربة البلاستيكية الصفراء الجاذبة للحشرات:

يفيد استخدام البلاستيك (البوليثيلين) الأصفر — كغطاء للتربة فى حالة الطماطم — فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

كذلك أدى استعمال أغطية التربة البلاستيكية الصفراء إلى نقص أعداد الذبابة البيضاء وتأخير الإصابة بفيرس تبرقش الطماطم Tomato Mottle Virus — الذى تنقله الذبابة البيضاء — فى ولاية فلوريدا الأمريكية، وذلك مقارنة باستعمال أغطية التربة البلاستيكية الزرقاء، والبرتقالية، والحمراء، والفضية، والبيضاء (Csizinsky وآخرون ١٩٩٥).

د- استعمال أغطية التربة البلاستيكية العاكسة للضوء والطاردة للحشرات:

تستعمل لهذا الغرض الأغطية البلاستيكية (أغطية بوليثيلين) تكون فضية اللون من سطحها العلوى لطرد الحشرات، وسوداء من سطحها السفلى لمنع نمو الحشائش. تثبت هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يُحدث ارتباكاً لبعض الحشرات (مثل: المن، والتربس، والذبابة البيضاء، وصانعات الأنفاق) عندما تحاول أن تحط على النباتات؛ وبذا.. فهى تفيد فى مكافحة الحشرات ذاتها، وفى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات.

هـ- استعمال الأغطية الطافية للنباتات لمنع وصول الحشرات إليها:

تستعمل الأغطية الطافية للنباتات Floating Plant Covers (مثل غطاء أجريل بى ١٧ Agryl P 17) لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام هو منع الأغطية وصول الحشرات الناقلة للفيروسات إلى النباتات.

وهذه الأغطية غير منسوجة، وتصنع إما من البوليسترين، وإما من البولى بروبلين، وهى خفيفة الوزن؛ حيث لا يزيد وزنها على ١٧ جم لكل متر مربع، وتسمح بنفاذ الماء والهواء، ونحو ٩٠٪ – ٩٥٪ من الضوء الساقط عليها.

توضع هذه الأغطية إما على النباتات مباشرة، وإما على أقواس سلكية متباعدة تثبت على خطوط الزراعة. والطريقة الثانية هى المفضلة، ويلزم معها تغليف الأقواس السلكية بخراطيم رى بالتنقيط مستهلكة للمحافظة على الغطاء من التمزق.

جولدن ستون	المروة	راما
هجين ٢٠٥٩	ساريًّا مُحسَّن	زمردة
هجين ٩٢٥	كرنك	ريم
هجين R-190		

٢- تخير موعد الزراعة المناسب:

تفلت شتلات الطماطم — التى تزرع بذورها خلال شهر يناير — من الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، نظرًا لعدم تواجد الذبابة البيضاء فى الحقول المكشوفة خلال تلك الفترة، ولكنها قد تتواجد فى البيوت المحمية. كما أن زراعات الطماطم فى العروات الصيفية المتأخرة والخريفية تتعرض للإصابة الشديدة بهذا الفيرس؛ بسبب ازدياد أعداد الذبابة البيضاء كثيرًا؛ ابتداء من شهر يونية حتى سبتمبر. وفى المقابل.. تزيد أسعار الطماطم المنتجة فى تلك العروات — كثيرًا — عن أسعار محصول العروة الصيفية المبكرة؛ الأمر الذى يجعل اتباع هذه الوسيلة فى المكافحة أمرًا غير عملى.

٣- اتباع الممارسات الزراعية المناسبة، والتى منها ما يلى:

أ- استعمال قش الأرز كغطاء للتربة لجذب الحشرات:

أدى استعمال قش الأرز كغطاء للتربة وقت زراعة البذور إلى تأخير انتشار الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم فى حقول الطماطم لمدة ٣ أسابيع، وصاحب ذلك نقص أعداد حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس فى الحقل، وكانت الحشرة تنجذب نحو القش بسبب لونه الأصفر، ثم تموت بسبب حرارته العالية. وقد انخفضت فاعلية القش بعد ثلاثة أسابيع من فرشه على سطح التربة، وصاحب ذلك تحوله إلى اللون الرمادى (Cohen وآخرون ١٩٧٤).

ب- تثبيت لوحات وشرائط صفراء جاذبة للحشرات:

تنجذب بعض الحشرات — بقوة — إلى اللون الأصفر الذى يعكس الأشعة التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٥٠٠ و ٧٠٠ نانومتر (مللى ميكرون)؛ ومن أمثلتها حشرتا المن والذبابة البيضاء.

وقد قامت شركات محلية بتصنيع أغطية قماشية منسوجة ذات فتحات ضيقة جدًّا غير منفذة لحشرة الذبابة البيضاء. هذه الأغطية منفذة للضوء بنسبة عالية، ولكنها تعطى بعض التظليل، وهذا أمر مرغوب فيه فى ظروف الحرارة العالية صيفًا وتتميز هذه الأغطية — وهى معاملة ضد الأشعة فوق البنفسجية — بأنها أكثر قدرة على التحمل — بكثير — عن أغطية الأجريل، بحيث يمكن استعمالها لأكثر من موسم زراعى. وهى تثبت على أقواس سلكية فوق خطوط الزراعة كما هى الحال فى الأنفاق البلاستيكية. وتعتبر هذه الأنفاق ذاتية التهوية.

وأكثر استعمالات أغطية النباتات بمختلف أنواعها — هو فى حماية المشاتل من الإصابات الفيروسية، بمنع وصول الذبابة البيضاء — وغيرها من الحشرات الناقلة للفيروسات — إلى البادرات الصغيرة.

وقد استعملت الأغطية الطافية فى الزراعات الحقلية لوقاية النباتات من جميع الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات؛ فهى — مثلاً — تستخدم بصورة تجارية لحماية الطماطم من فيرس تجعد واصفرار الأوراق فى منطقة الشرق الأوسط، وفى حماية الكوسة من فيروسى تجعد أوراق الكوسة واصفرار الخس المعدى فى كاليفورنيا، وفى حماية الباذنجانيات من فيرس Y البطاطس فى أوريجون، وفى حماية الخس من فيرس موزايك الخس فى أوروبا (Tomato Leaf Curl Newsletter– العدد الثالث — ١٩٩٣).

ولقد تحققت أعلى حماية من الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم بزراعة الأصناف الشديدة التحمل (مثل: Ty-Mour مقارنة بالأصناف المتوسطة التحمل مثل: Top 21، و Saria-3)، مع استخدام أغطية بلاستيكية للتربة (بلاستيك ملش) فضية اللون عاكسة للضوء. كذلك فإن استعمال الموسلين muslin كغطاء نباتى لمدة ٢٨ يومًا بعد الشتل يُسهم فى خفض الإصابة فى جميع الأصناف (Mansour & Kasrawi ١٩٩٧).

كذلك وُجد فى العروة الخريفية — التى تشتد فيها الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم — أن أفضل وسيلة لمكافحة الإصابة بالفيرس هى باستعمال غطاء للنباتات

من الأجريل بى ١٧ Agryl P 17، الذى يمنع تمامًا وصول الذبابة إليها. وتلى هذه الطريقة فى كفاءة مكافحة الذبابة وخفض قدرتها على نقل الفيرس أو اكتسابه الرش بالزيوت المعدنية (Atta-Aly وآخرون ١٩٩٨).

و- استعمال أغطية للبيوت البلاستيكية من الفينيل الممتص للأشعة فوق البنفسجية:

يؤدى ذلك إلى انخفاض أعداد الذبابة البيضاء على نباتات الطماطم، مقارنة بالأعداد التى تتواجد فى حالة البيوت المغطاة بشرائح الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

٤- خفض شدة الإصابة بمعاملات خاصة، مثل:

أ- المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى والشيتين:

أدت معاملة الطماطم بكل من بكتيريا المحيط الجذرى *Pseudomonas fluorescens* والشيتين — معًا — إلى حث مقاومة جهازية فى النبات نتج عنها خفض الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، وخفض شدة أعراض الإصابة، مع تأخير قدرة تسعة أيام فى ظهور الأعراض عما حدث فى النباتات التى لم تتلق هذه المعاملة (Vasanthi وآخرون ٢٠١٠).

ب- المعاملة بالإيوجينول:

أحدث رش النمو الخضرى للطماطم بالإيوجينول eugenol خفضًا جوهريًّا فى شدة أعراض الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم. وقد استحثت المعاملة تراكم فوق أكسيد الأيدروجين بالنباتات، وزادت جوهريًّا من نشاط الإنزيمات: polyphenol oxidase، و phenylalanine ammonia lyase، و peroxidase (Wang & Fan ٢٠١٤).

٥- المكافحة البيولوجية للذبابة بالأعداء الطبيعية والمتطفلات:

للذبابة البيضاء أعداء طبيعية؛ منها بعض أنواع الزنابير؛ مثل: *Encarsia formosa*، و *Eretmocerus haldmani*. تضع إناث هذه الزنابير بيضها على يرقات

وحوريات الذبابة البيضاء؛ لتتغذى اليرقات التى تفقس من البيض على سوائل جسم هذه الأطوار من الحشرة وتقضى عليها.

وفى ألمانيا يتوفر على نطاق تجارى النوع *Eretmocerus californicus* لمكافحة الذبابة البيضاء (Albert & Schneller ١٩٩٤)، وفى إيطاليا نجح النوع المحلى *Encarsia pergandiella* فى مكافحة الذبابة البيضاء *T. vaporariorum* فى البيوت المحمية (Giorgini & Viggiani ١٩٩٤).

وفى مصر.. قام Abdel-Gawad وآخرون (١٩٩٠) بحصر الأعداء الطبيعية للذبابة البيضاء تحت ظروف الحقل المكشوف؛ حيث كانت كما يلى:

العدو الطبيعى	الطور الحشرى الذى يتطفل عليه	موسم ازدياد التطفل
Euseius gassipi	الأطوار غير تامة النمو	أغسطس وسبتمبر
Coccinella undecimpuncatata	الأطوار غير تامة النمو	مايو وسبتمبر
Chrysoperla carnea	العذارى خاصة	متأخرًا خلال العام
Aphidoletes aphidimyza	العذارى	يولية إلى أكتوبر
Eretmocerus mundus	شوهدت تخرج من اليرقات والعذارى	
Encarsia lutea	شوهدت تخرج من اليرقات والعذارى	

وقد قدر الباحثون أن هذه الأعداء الطبيعية — إضافة إلى فطر لم يُعَرَّف لوحظ إصابته للحشرة – تتسبب فى موت نحو ٨٠٪ من أعداد الذبابة البيضاء فى الظروف الطبيعية.

كما قام هؤلاء الباحثون أنفسهم (Shalaby وآخرون ١٩٩٠) بدراسة دور الحشرتين الأخيرتين (*Eretmocerus mundus*، و *Encarsia lutea*) فى المكافحة الحيوية للذبابة البيضاء، حيث تبين وجود ارتباط إيجابى بين كثافة الذبابة وأعداد المتطفلات. وكان التطفل على أشده قبل حصاد المحاصيل الصيفية (مثل الطماطم والقرعيات) بفترة تتراوح بين شهر واحد وشهرين، حيث كانت *Encarsia lutea* أكثر تواجدًا، وفى بداية موسم النمو فى المحاصيل الشتوية (مثل البسلة والفول الرومى)؛ حيث كانت *Eretmocerus mundus* أكثر توجدًا.

ويستدل من دراسات Matsui (١٩٩٥) أن الطفيل *Encarsia formosa* كان فعّالاً – كذلك – فى مكافحة ذبابة أوراق الكوسة الفضية *Bemisia argentifolii*.

ويفيد فى مكافحة الذبابة البيضاء (وكذلك العنكبوت الأحمر) الرش الوقائى فى كل من المشتل والأرض المستديمة بأى من المركبين الحيويين بيوفلاى أو ناتورالس بتركيز ١٠٠ مل/١٠٠ لتر ماء (١٥٠ مل للعنكبوت الأحمر) وبمعدل لا يقل عن ٤٠٠ لتر للفدان، مع تكرار الرش كل ٣–٥ أيام، على ألاّ لا يقل عدد مرات الرش عن خمس فى العروة الصيفية وسبع فى العروة الخريفية؛ علمًا بأن أى من البديلين تتطفل جراثيمه – بعد إنباتها – على حوريات وعذارى الذبابة البيضاء وطورها الكامل، وكذلك على أفراد العنكبوت الأحمر، ويؤدى إلى إذابة كيوتيكل الحشرة، ثم نمو هيفات الفطر بداخلها.

٦– المعاملة بالمضادات الحيوية للذبابة والطاردة لها

أظهرت دراسات Costa وآخرون (١٩٩٣) إمكانية استخدام المضادات الحيوية – مثل: Oxyteracycline hydrochloride – فى إضعاف نمو الحشرة وتكاثرها، وإضعاف نمو نسلها. وقد أثر هذا المضاد الحيوى على كائنات دقيقة تعيش فى أجساد الحشرة الكاملة وحورياتها؛ وهى كائنات يعتقد فى أنها تعيش معيشة تعاونية مع الحشرة وتتبادل معها المنفعة. وقد أوضحت هذه الدراسة أن معاملة إناث الحشرة بالمضاد الحيوى قلل من قدرة نسلها على إحداث أعراض التلون الفضى فى الكوسة.

ووجد أن الـ acetylated glyceride (وهو acetic and fatty acid esters of glycerol) – الذى يعد أحد إضافات الأغذية – طاردًا لحشرة الذبابة البيضاء، ويتعارض مع اكتسابها لفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم، ونقله للنباتات السليمة (Kashima وآخرون ٢٠١٥).

٧– المكافحة بالزيوت النباتية وبالمنظفات الصناعية:

تُستخدم الزيوت المعدنية منفردة، أو مخلوطة مع المبيدات الحشرية لأجل مكافحة حشرة الذبابة البيضاء. وخفض فعاليتها فى نقل الفيرس. وقد استخدمت الزيوت

المعدنية فى الهند، وثبتت فعاليتها فى السودان (Yassin ١٩٨٣). وفى الأردن.. أدى رش نباتات الطماطم بمخلوط أى من الزيوت المعدنية HI-PAR، أو Sunoco مع أى من المبيدات الحشرية Permethrin، أو Methidathion، أو Pirmiphos-Methyl إلى قتل الحشرات البالغة، ومنعها من إصابة نباتات الطماطم المعاملة، وزيادة محصول الطماطم بنسبة ١٨٨٪ إلى ٣٢٩٪ مقارنة بمحصول النباتات غير المعاملة (Sharaf and Allawi ١٩٨١).

كذلك أفاد الرش بزيت الفولك ١٠٠ (Volk 100 Neutral) فى خفض أعداد الأفراد البالغة من الذبابة البيضاء على الطماطم المعاملة، مقارنة بنباتات معاملة الشاهد (Peralta & Hilje ١٩٩٣).

وأوضحت دراسات Vavrina وآخرون (١٩٩٥) أن المنظفات الصناعية المنزلية السائلة Liquid Household Detergents كانت أكثر سمية لحوريات الذبابة البيضاء — تحت ظروف المختبر — من تحضيرات الصابون التجارية المستخدمة كمبيدات حشرية Commercial Insecticidal Soap وقد استخدم فى هذه الدراسة المنظف الصناعى التجارى New Day الذى يحتوى على ٢٦٪ sodium dodecyl benzene sulphonate، و sodium laurylether sulphate؛ مقارنة بالمبيد الحشرى الصابونى M-Pede الذى يحتوى على ٤٩٪ ملح بوتاسيوم لحامض دهنى طبيعى. ووجد أن المعاملة بالمنظف الصناعى أسبوعيًّا بتركيز ٠,٢٥٪ – ٠,٥٠٪ – بداية من بعد الشتل بأسبوعين– لم يكن لها أية تأثيرات سلبية على النمو الخضرى لنباتات الطماطم أو المحصول.

٨– مكافحة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس بمعاملة البادرات والنباتات بالمبيدات:

أدت معاملة بادرات الطماطم قبل الشتل بالمبيد الحشرى إميداكلوبرد imidcloprid بمعدل ١٢ مجم من المادة الفعالة/ بادرة إلى حمايتها من الإصابة بالذبابة

البيضاء لمدة ٥٠ يومًا، وازدادت كفاءة المعاملة إذا ما اقترنت بالتغذية الأرضية للبادرات بمعدل ٠,٠٢ مل من سماد بادئ (Sun & Liu ٢٠١٦).

هذا.. إلاّ إنه يكون أمام حشرة الذبابة البيضاء الحاملة لفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم متسع من الوقت لنقل الفيرس أثناء تغذيتها على نباتات معاملة بمبيد الـ imdacloprid قبل أن يُقضى عليها (Rubinstein وآخرون ١٩٩٩).

فيرس ذبول الطماطم المتبقع

يزداد الانخفاض فى محصول الطماطم عند ظهور أعراض إصابتها بفيرس ذبول الطماطم المتبقع فى وقت مبكر بعد ٢٤–٤٥ يومًا من الشتل عما يكون عليه الانخفاض فى المحصول عند ظهور أعراض الإصابة متأخرًا بعد ٦٠–٧٤ يومًا من الشتل (Moriones وآخرون ١٩٩٨).

إن من أهم وسائل مكافحة فيرس ذبول الطماطم المتبقع، ما يلى:

١– زراعة الأصناف المقاومة:

وهى كثيرة وسبقت الإشارة إلى بعضها.

٢– اتباع الممارسات الزراعية المناسبة:

يُفيد فى مكافحة فيرس ذبول الطماطم المتبقع استعمال أغطية بلاستيكية للتربة عاكسة للضوء. تعمل أغطية التربة البلاستيكية العاكسة للضوء — مثل الأغطية ذات اللون الألومنيومى (أو الفضى) على طرد التربس وبعض الحشرات الأخرى؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية عليها؛ الأمر الذى يحدث ارتباكًا لبعض الحشرات عندما تحاول أن تحط على النباتات.

فمثلاً.. أدى استعمال غطاء بلاستيكى ذو سطح فضى إلى خفض أعداد حشرة التربس بنسبة ٦٨٪، ونقص نسبة الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع بنسبة ٦٤٪ (Greenough وآخرون ١٩٩٠). كذلك وجد Brown & Brown (١٩٩٢) — فى ولاية ألاباما الأمريكية — أن حشرة التربس كانت أقل توجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل

فى إنتاجها غطاء بلاستيكى أسود، أو بلاستيكى بلون الألومنيوم، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أبيض. كما وجد Csizinsky وآخرون (١٩٩٥) أن حشرة التربس كانت أقل تواجدًا على نباتات الطماطم التى استعمل فى إنتاجها غطاء بلاستيكى ألومنيومى، مقارنة باستعمال غطاء بلاستيكى أزرق، أو برتقالى، أو أحمر، أو أصفر.

٣- مكافحة فيرس اصفرار الطماطم

تؤدى الإصابة المزدوجة بكل من فيرس اصفرار الطماطم tomato chlorosis virus، وفيرس ذبول الطماطم المتبقع tomato spotted wilt virus إلى حدوث موت سريع لنباتات الطماطم يسبقه سرعة كبيرة فى تراكم جزيئات فيرس اصفرار الطماطم، كما أن المقاومة التى يوفرها الجين Sw-5 ضد فيرس ذبول الطماطم المتبقع تنهار وتصبح النباتات الحاملة لهذا الجين قابلة للإصابة بالفيرس إذا ما تعرضت للإصابة بفيرس اصفرار الطماطم قبل حقنها بفيرس ذبول الطماطم المتبقع (Garcia-Cano وآخرون ٢٠٠٦).

النيماتودا

تفيد فى مكافحة النيماتودا (نيماتودا تعقد الجذور ما لم يُذكر خلاف ذلك)، ما يلى:

١- زراعة الأصناف المقاومة.

وهى كثيرة وسبقت الإشارة إلى بعضها فى حسن (٢٠١٨).

٢- التطعيم على أصول مقاومة:

تتوفر المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور فى عديد من أصناف وأصول الطماطم من السلالات والأصناف والهجن النوعية، وهى مقاومة تُكسر فى حرارة تزيد عن ٢٨ °م. ومن أمثلة الهجن النوعية المقاومة Maxifort، و Beaufort، و Big Power. كذلك يوفر *Solaman torvum*، و *S. peruvianum* مقاومة ضد النيماتودا (Louws وآخرون ٢٠١٠).

وقد استُخدم أصلاً الطماطم الجذريين: Multifort (وهو هجن نوعى: *Solanum lycopersicum* × *S. habrochaites*)، وصنف الطماطم الهجين Survivor المقاومين

لنيماتودا تعقد الجذور.. استخدما كأصول طُعِّم عليها صنفا الطماطم القابلين للإصابة: Brandywine، و Flamme، حيث انخفضت جوهريًّا الإصابة بالنيماتودا بنسبة وصلت إلى ٨٠,٨٪، دون أن يكون للتطعيم أية تأثيرات على المحصول الصالح للتسويق (Barrett & Zhao ٢٠١٢).

وأدى تطعيم سلالة الطماطم BHN602 – القابلة للإصابة بكل من نيماتودا تعقد الجذور والذبول البكتيرى — على أى من الأصول RST-04-106-T، أو BHN998، أو BHN10 المقاومة للذبول البكتيرى إلى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور، وزيادة محصول الثمار، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تُطَعَّم (Kunwar وآخرون ٢٠١٥).

٣- المعاملة ببعض إضافات النباتات والمستخلصات النباتية:

تُفيد حراثة النباتات الكرنبية فى التربة فى المكافحة الفعالة لكل من نيماتودا تعقد الجذور (*Meloidogne*)، ونيماتودا الحوصلات (*Heterodera*، و *Globodera*)، ونيماتودا التقرح (*Pratylenchus*) (Fourie وآخرون ٢٠١٦).

ولقد وُجد أن التبخير الحيوى للتربة باستعمال مخلفات البروكولى (كل الأجزاء النباتية) وكذلك التطعيم على الأصل Beaufort كانا الأفضل فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور وزيادة محصول الطماطم، وذلك من بين عدد من المعاملات الأخرى التى أجريت وشملت تشميس التربة لمدة ٦ أسابيع مع التغطية بالبوليثيلين الشفاف، والتبخير الحيوى بأوراق وثمار الخروع *Ricinus comounis*، وزراعة نبات القطيفة *Tagetes erecta* إلى جوار الطماطم، والمعاملة بالسلالة ٢٥١ من الفطر *Paecilomyces lilacinus* (المنتج التجارى BioAct)، والسماد العضوى التجارى Netisin المستخدم كمبيد نيماتودى حيوى (بمعدل ١٠ كجم/هكتار مع ماء الرى بالتنقيط) (Kaskavalci وآخرون ٢٠٠٩).

وتُفيد إضافة كسب بذرة المسترد الأصفر *Sinapis alba* إلى تربة المشاتل فى حماية النباتات من الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور (Meyer وآخرون ٢٠١٥).

ولقد أدت إضافة نموات خضرية مفرومة من أى من النباتات: *Lantana camara*، أو *Kigelia pinnata*، أو *Ficus bengalensis* إلى التربة إلى إحداث تحسين جوهرى فى نمو نباتات الطماطم مع خفض جوهرى فى إصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، وكانت المعاملة بـ *Lantana camara* أكثرهم تأثيرًا (Ahmad وآخرون ٢٠١٠).

كما كانت لثمار الخيار البرى *Cucumis myriocarpus* المطحونة تأثيرات قاتلة على نيماتودا تعقد الجذور لم تختلف جوهريًّا عن تأثير المعاملة بأى من المبيدين النيماتوديين الألديكارب aldicab، أو الفيناميفوس fenamiphos (Mashela وآخرون ٢٠٠٨).

ازدادت معدلات وقف النمو وموت نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* جوهريًّا مع زيادة تركيز المستخلص المائى لأوراق الثوم الطازجة من ١٪ إلى ٢٪، و٤٪ (وزن/حجم)، كما ثُبِّط فقس بيض النيماتودا جوهريًّا — كذلك– بالمعاملة، وكان المستخلص المائى لأوراق الثوم المتخمرة أقوى تأثيرًا. وأدت معاملة التربة إلى تثبيط إصابة النيماتودا للطماطم جوهريًّا، وازداد التأثير بزيادة كمية المستخلص المستخدم فى المعاملة، إلا أن الزيادة الكبيرة أثرت — كذلك — سلبيًّا على نمو الطماطم. وقد أدت المعاملة بمستخلص ٢٪ مع سماد حيوانى قبل الزراعة، ومع استخدام غطاء بلاستيكى للتربة إلى تقليل إصابة الطماطم بالنيماتودا بنسبة ٧٢٪، وزيادة محصولها بنسبة ٧٣٪، مقارنة بالوضع فى نباتات الكنترول. ويبدو أن المركبات الكبريتية التى توجد بمستخلص الثوم كانت هى المسئولة عن مقاومة النيماتودا فى هذه الدراسة (Gong وآخرون ٢٠١٣).

وكان المستخلص المائى لأوراق نبات التانبول أو التامول betel (وهو: *Piper betle*) سامًّا ليرقات الطور الانسلاخى الثانى J_2 لنيماتودا تعقد الجذور، كما ثبط فقس البيض. وأدى نقع جذور شتلات الطماطم فى المستخلص إلى تقليل تكوين الثآليل بها، وخفض إنتاج البيض، وأعداد الـ J_2 فى التربة، كما أدى إلى تحفيز نمو نباتات الطماطم.

وتناسبت تلك التأثيرات مع زيادة تركيز المستخلص (تراوح تخفيف المستخلص من صفر٪ إلى ٨٠٪). ولقد كانت الـ J_2 أكثر حساسية للمستخلص عن البيض، حيث ماتت كلها عند المعاملة بجميع التخفيفات المستعملة (حتى ٨٠٪ تخفيف)، بينما لم يحدث ١٠٠٪ موت للبيض إلاّ عندما كانت المعاملة بالمستخلص غير المخفف، كذلك كان المستخلص غير المخفف هو الأقوى تأثيرًا فى الحد من إصابة جذور الطماطم وإنتاج البيض فيها وأعداد الـ J_2. وكانت الزيادة فى طول جذور النباتات المعاملة ٢٣٥٪ من الطول فى نباتات الكنترول (Premachandra وآخرون ٢٠١٤).

٤- المكافحة البيولوجية:

أفادت المعاملة بفطر الميكوريزا *Glomus mosseae* فى تقليل إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور، وقد وجد Al-Raddad (١٩٩٥) أن وجود هذا الفطر مع الفطر *Paecilomyces lilacinus* (الذى يستخدم كذلك فى المكافحة الحيوية لنيماتودا تعقد الجذور) منع إصابة جذور الطماطم بالنيماتودا كلية.

وأدى تلقيح الطماطم بكل من فطر الميكوريزا *Glomus* sp.، والبكتيريا المتطفلة على النيماتودا *Pasteuria penetrans* — معًا– فى وجود الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* إلى زيادة كل من النمو الخضرى ومحصول النباتات فى الطماطم عما فى النباتات غير الملقحة بالفطر وبالبكتيريا فى وجود الإصابة بالنيماتودا، وكان تأثير المعاملة بالفطر والبكتيريا — معًا — أفضل من المعاملة المنفردة بأى منهما (Talavera وآخرون ٢٠٠٢).

وقد دُرس تأثير خمسة أنواع بكتيرية (هى: *Arthrobacterium* sp.، و *Bacillus* spp.، و *Corynebacteriium* spp.، و *Serratia* spp.، و *Streptomyces* spp.) على نيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، ووجد أن معاملة النباتات بالبكتيريا قبل أسبوع من عدواها بالنيماتودا قلل الإصابة بالنيماتودا بنسب تراوحت بين ٤٦٪ و٩٦٪، مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد استمر تأثير البكتيريا على النيماتودا فى التربة لمدة ١٥ شهرًا (Ali ١٩٩٦).

أدت المعاملة بالسلالتين Pa-7، و IE-6 من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* إلى خفض إصابة الطماطم بنيماتودا تعقد الجذور وبالفطرين *Fusarium oxysporum*، و *Rhizoctonia solani*. وكان للسلالتان البكتيريتان نفس الفاعلية ضد النيماتودا عندما كانت منخفضة الكثافة (٥٠٠، و ١٠٠٠ يرقة من الطور الانسلاخى الثانى J_2)، بينما كانت السلالة IE-6 – فقط – هى الفعالة فى مكافحة النيماتودا عندما كانت عالية الكثافة (٢٠٠٠، و ٤٠٠٠ J_2). ولقد لوحظ ارتباط سلبى بين الإصابة بفطر الذبول الفيوزارى وبين استعمار البكتيريا للجذور والنموات الخضرية (Siddiqui & Ehteshamul-Haque ٢٠٠٠).

وقد دُرس تأثير عدة عزلات من البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* – عُزلت من تربة مثبطة للمسببات المرضية – على نمو نباتات الطماطم ومكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* بها، ووجد أن العزلات تباينت فى تأثيراتها على كلا الأمرين، وكانت أكثرها تأثيرًا العزلتان: Pa8، و Pa9 اللتان كان لهما أقوى تأثير على منع فقس النيماتودا وتقليل أعراض تثألل الجذور وتكاثر النيماتودا، وكانتا – مع العزلة Pa3 – الأكثر استعمارًا لجذور الطماطم والأقوى تحفيزًا لنمو البادرات والنباتات. وقد تبين أن العزلتين Pa8، و Pa9 تنتجان كمية أكبر من حامض السيانيك HCH عن العزلات الأخرى، وأنهما تنتجان قدرًا أكبر من إندول حامض الخليك IAA عن ١٣ عزلة أخرى، ولذا فإنهما يمكن أن تُستعملا فى المكافحة الحيوية لـ *M. incognita* فى الطماطم (Singh & Siddiqui ٢٠١٠).

وأدت معاملة التربة بالسلالة L1 من البكتيريا *Bacillus pumilus* إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. arenaria*، سواء أكانت العدوى بالنيماتودا فى نفس وقت معاملة التربة بالبكتيريا، أو قبل ذلك بيومين، لكن كانت العدوى المتزامنة أكثر فاعلية، وتمثلت المكافحة فى حدوث نقص فى عدد الثآليل الجذرية وكتل البيض ويرقات الانسلاخ الثانى بالجذور. هذا.. مع العلم بأن البكتيريا تفرز الإنزيمين protease، و chitinase. كذلك عملت البكتيريا كمنشط للنمو النباتى (Lee & Kim ٢٠١٦).

ولقد أمكن التوصل إلى سلالة من البكتيريا *Bacillus cereus* كانت قادرة على سرعة احتلال المحيط الجذرى للطماطم والمعيشة داخليًّا بالجذور. وقد تميزت تلك البكتيريا بقدرتها على تحسين النمو النباتى، وطردها ليرقات الانسلاخ الثانى (J_2) للنيماتودا *M. incognita*؛ وبالتالى مقاومة الإصابة بها (Hu وآخرون ٢٠١٧).

كما وجد أن معاملة الطماطم بأى من الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية:

Pseudomonas fluorescens

Paecilomyces lilacinus

Pichia guilliermondii

Calothrix parietina

منفردة أو مجتمعة أدت إلى خفض شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogune incognita*. ولقد تسببت المعاملة المنفردة بالبكتيريا *P. fluorescens* أو بالفطر *P. liacinus* إلى موت ٤٥٪، و٣٠٪ – على التوالى — من يرقات النيماتودا فى خلال ٤٨ ساعة من المعاملة، وذلك مقارنة بالوضع فى معاملة الكنترول. وكانت المعاملة بأى منهما أو بالخميرة *P. guilliermondii* أكثر كفاءة فى مكافحة النيماتودا عن المعاملة بـ *C. parietina* التى تعد من الـ cyanobacteria التى تعيش فى التربة، والذى قد يُضاد فعل كائنات المقاومة الحيوية الأخرى ويقلل كفاءتها فى المكافحة وعمومًا.. فإن المعاملة بكائنات المكافحة الحيوية الأخرى لم تكن فقط قاتلة للنيماتودا، لكنها حفزت — كذلك — النمو النباتى بتوفيرها للكثير من العناصر المغذية وبحثِّها لمقاومة جهازية فى النباتات (Hashem & Abo-Elyousr ٢٠١١).

وقد أظهرت السلالتان: R2-2 من البكتيريا *Bacillus methylotrophicus*، و 13-6 من البكتيريا *Lysobacter antibioticus* نشاطًا عاليًا مضادًّا لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، سواء أكانت المعاملة بهما عن طريق البذور أو سقيًّا لمعلقاتهما

فى خلطة الزراعة فى البيوت المحمية، أو سقيًّا لمعلقاتهما فى التربة؛ حيث خفضتا مستوى الإصابة بالنيماتودا وأحدثتا زيادة جوهرية فى المحصول، وبصورة أفضل من استعمال أى من المبيدين abamectin أو carbofuran فى المكافحة (Zhou وآخرون ٢٠١٦).

٥- المعاملة بمستحثات المقاومة

من بين مستحثات المقاومة الهامة، ما يلى:

أ- حامض السلسيلك والمثيل جاسمونيت:

أثرت المعاملة بحامض السلسيلك سلبيًّا فى تطور النيماتودا *Meloidogyne chitwoodi* على الطماطم، لكنها لم تؤثر على تكاثر النيماتودا. بينما كانت المعاملة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate هى الأكثر كفاءة فى خفض إصابة الطماطم بالنيماتودا (خفَّضت اختراق النيماتودا للجذور بنسبة ٥٨٪) (Vieira dos Santos & Curtis ٢٠١٣).

ب- الـ BABA:

أحدثت معاملة بادرات الطماطم بأى من β-aminobutyric acid (اختصارًا: BABA)، أو salycylic acid (اختصارًا: SA)، أو السلالة CHAO من *Pseudomonas fluorecens* خفضًا جوهريًّا فى شدة الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. javanica*، وكان أكثرها فاعلية المعاملة بالـ BABA الذى أدى إلى خفض شدة العقد الجذرية، وعدد كتل النيماتودا/نبات، وعدد البيض/ كتلة بيض، كما أحدثت المعاملة زيادة فى إنتاج الـ H_2O_2 (وهو أحد نواتج شد الأكسدة) ونشاط الـ SOD، والـ GPOX بصورة أوضح عما فى حالتى المعاملة بأى من الـ SA أو *P. fluorecens*، ولكنها جميعًا أسهمت فى حث شد أكسدة فى جذور الطماطم من خلال توليد عناصر نشطة فى الأكسدة (ROS) والإنزيمات المرتبطة بأيضها (Sahebani & Hadavi ٢٠٠٩).

ج- الـ ASM:

استحثت معاملة الطماطم بحامض السلسيلك مع الماء عن طريق سقى التربة soil drenching، وبالـ acibenzolar-S-methyl (اختصارًا: ASM) بطريقة غمس الجذور.. استحثت مقاومة جهازية مكتسبة SAR ضد الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، حيث انخفض تكاثر النيماتودا على الجذور فى النباتات المعاملة (فكان أقل من ٥٠٪ من معدل تكاثرها فى النباتات غير المعاملة)، وانخفضت إصابتها بالنيماتودا. وقد ازدادت فاعلية إضافة حامض السلسيلك للتربة مع الماء عندما زودت التربة - كذلك - بالأحماض الدبالية بالسقى مع الماء. وكانت أفضل معاملة هى الجمع بين إضافة حامض السلسيلك والـ methyl-salicylic acid إلى التربة بالسقى مع الماء، حيث قللت، تلك المعاملة الإصابة بالجيل الثانى للنيماتودا (Molinari & Baser ٢٠١٠).

٦- المكافحة بالمبيدات:

تُكافح نيماتودا تعقد الجذور ونيماتودا التقرح بالمبيدات، كما يلى:

١- إذا كان هناك احتمال لحدوث الإصابة ترش النباتات فى المشتل بالفايدت السائل ٢٤٪ بمعدل ٢ مل/لتر مرتين، ويكرر الرش مرتين فى الحقل بمعدل ٣ مل/لتر، وذلك بعد الشتل بأسبوعين، ثم بعد أسبوعين آخرين.

٢- يُستخدم الفايدت المحبب ١٠٪ بمعدل ٢٠ كجم للفدان تكبيشًا على عمق حوالى ١٠ سم، مع الترديم عليه.

٣- تُرش التربة التى تُعرف بإصابتها بالنيماتودا - بعد تجهيزها للزراعة - بمبيد النيماكاب ٢٠٪ بمعدل ٢,٥ لتر/١٠٠ لتر ماء على خطوط الزراعة قبل الشتل، أو يُرش كل سطح التربة بمعدل ٥ لتر/٢٠٠ لتر ماء، ثم الرى مباشرة بعد الرش (عن مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

الحفار والدودة القارضة

يُستخدم الطعم السام فى مكافحة الحفار والدودة القارضة كما يلى:

يتكون الطعم السام من لتر واحد من مبيد الكلورفان ٤٨٪، أو لتر واحد من مبيد الدورسبان ٤٨٪، أو ١,٢٥ لتر من مبيد الثيراجارد ٤٨٪، يخلط معه ١٥ كجم جريش ذرة + ١ كجم عسل أسود ١ – ١,٥ صفيحة ماء. تكفى تلك الكمية من الطعم لمعاملة مساحة فدان. يُضاف الطعم سرسبة فى باطن مصاطب الزراعة فى حالة الرى بالغمر، أو بجوار النقاطات فى حالة الرى بالتنقيط.

وفى حالة الدودة القارضة يمكن قبل اللجوء إلى استعمال الطعم السام اللجوء أولاً إلى إضافة لتر من السولار عند رى الأرض لأجل القضاء على اليرقات والعذارى فى التربة.

الجعل ذو الظهر الجامد أو الجعل الأسود

يُعرف الجعل ذو الظهر الجامد بالاسم العلمى *Pentodon bispinosus*. تؤدى الإصابة بيرقات الجعل إلى ذبول النباتات وموتها، وتُشاهد تلك اليرقات عند الحفر أسفل النباتات المصابة، وهى يرقات تظهر مقوسة ولونها سمنى وغليظة، وتُرى متجمعة حول الجذور.

تزداد الإصابة فى الأراضى الخفيفة وعند التسميد بسماد عضوى غير متحلل.

ولمكافحة يرقات الجعال يوصى بكمر السماد العضوى جيدًا قبل إضافته إلى التربة.

دودة ثمار الطماطم أو دودة اللوز الأمريكية

تعرف دودة ثمار الطماطم بالاسم العلمى *Heliothis armigera* تشتد الإصابة بدودة ثمار الطماطم خلال الفترة من أبريل إلى نهاية سبتمبر. تُتلف اليرقات براعم وأزهار النباتات، كما تصيب الثمار التى تظهر بها ثقوب دائرية. تُفضل اليرقات إصابة الثمار الخضراء، حيث تخترقها عند موضع اتصالها بالعنق، وبينما يتبقى مقدم جسم اليرقة داخل الثمرة، فإن مؤخرة جسمها يبقى خارجها مع ظهور براز اليرقة عند فوهة النفق الذى تُحدثه بالثمرة.

وتكافح دودة ثمار الطماطم باستخدام مصائد الفرمون لذكور فراشات دودة اللوز الأمريكية (وهى ذاتها دودة ثمار الطماطم)؛ فتضع الإناث بيضًا غير مخصب لا يفقس. وعندا اشتداد الإصابة تُرش النباتات باللانيت ٩٠٪ بمعدل ٣٠٠ جم للفدان.

دودة درنات البطاطس

تُعرف دودة درنات البطاطس بالاسم العلمى *Phthorimaea operculella*.

تتغذى اليرقات بين بشرتى الورقة محدثة بها بقعًا باهتة اللون، ثم تأخذ اليرقات طريقها داخل عروق الورقة؛ لتصل منها إلى العرق الوسطى، ويظهر داخل النفق الذى تُحدثه اليرقة جلود الانسلاخ وبراز الحشرة.

وعند تكون الثمار فإن اليرقات تحفر فيها عند العنق مُحدثة أنفاقًا بها. تُشاهد فوهات تلك الأنفاق على الثمار الناضجة عند العنق، ويظهر بها براز الحشرة بلون أسود عند الكأس. تؤدى الإصابة إلى عفن الثمار، وتشتد خلال شهرى يونيو ويوليو.

وتكافح دودة درنات البطاطس باستخدام مصائد فرمون فراشة درنات البطاطس — لجذب الذكور — بمعدل ٣–٥ مصائد للفدان.

كذلك يفيد الرش بالمركب الحيوى دايبل ٢ إكس بمعدل ٢٠٠ جم للفدان، ويلزم ٢–٣ رشات خلال الموسم.

وعند اشتداد الإصابة تُرش النباتات باللانت ٩٠٪ بمعدل ٣٠٠ جم للفدان، أو بالسومثيون ٥٠٪ بمعدل ١,٥ لتر للفدان.

دودة ثمار الطماطم الدبوسية

تُعرف دودة ثمار الطماطم الدبوسية بالاسم العلمى *Keiferia lycopersicella*. تكون الفراشات البالغة بطول ٥–٦ سم، وهى بلون رمادى ضارب إلى البنى، وأصغر من فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea operculella*. وعلى الرغم من تشابهما، فإن

فراشة دودة ثمار الطماطم الدبوسية أكثر رمادية من فراشة درنات البطاطس، وكلاهما من حرشفيات الأجنحة.

تكون اليرقات الصغيرة بلون أخضر شاحب وبرأس ذات لون بنى قاتم أو أسود. أما اليرقات الأكبر فتكون بطول ٤–٧ مم ويتراوح لونها بين الأخضر بعلامات قرمزية، والقرمزى. وهى أصغر كثيرًا من يرقات فراشة درنات البطاطس.

تضع الفراشات بيضها على الأوراق والثمار وأعناق الأوراق، حيث تفقس فى خلال ٥–٦ أيام خلال الصيف. تحفر اليرقات أنفاقًا فى الأوراق والكأس — حيث تكمل تطورها — أو تتحرك نحو الثمار لتتغذى، ويكون ذلك تحت سطح الثمرة مباشرة فى البداية، ثم تحفر اليرقات عميقًا بعد ذلك.

توتا أبسولوتا

تعريف بالتوتا أبسولوتا

تعرف حشرة صانعة أنفاق أوراق الطماطم tomato leafminer بالاسم العلمى *Tauta absoluta*، وهى تتبع رتبة Lepidoptera. وقد تغير اسمها العلمى أربع مرات منذ وصفت لأول مرة فى عام ١٩١٧.

ومن أبرز الآفات الحشرية القريبة منها، ما يلى:

الحشرة	الاسم العلمى
دودة الطماطم الدبوسية tomato pinworm	*Keiferia lycopersicella*
فراشة درنات البطاطس الجواتيمالية Gutemalan potato tuber moth	*Tecia solanivora*
فراشة درنات البطاطس potato tuber moth	*Phthorimaea operculella*
صانعة أوراق الفول السودانى groundnut leafminer	*Aproaerema modecella*
دودة اللوز القرنفلية pink bollworm	*Pectinophora gossypiella*

وتتشابه حشرة توتا أبسولوتا مع حشرة دودة درنات البطاطس فى الشكل والسلوك.

تتواجد الحشرة فى كل من أمريكا الوسطى والجنوبية (حيث كانت بداية تواجدها)، وفى جميع أنحاء أوروبا، ودول حوض البحر الأبيض المتوسط، وتنتشر شرقًا فى دول الخليج وحتى الهند وباكستان وأفغانستان، وجنوبًا حتى النيجر والسنغال والسودان والحبشة. وقد بدأ تواجدها فى دول العالم القديم فى إسبانيا فى عام ٢٠٠٦، ومنها انتقلت سريعًا فى غضون ست سنوات إلى باقى الدول. ومن المتوقع استمرار انتشارها جنوبًا وشرقًا.

وكانت بداية ظهور الحشرة لأول مرة فى مصر فى عام ٢٠٠٩ فى واحة سيوة، ثم فى باقى أنحاء الدولة، وهى تسبب خسائر فادحة فى المحصول قد تصل إلى ٨٠٪ – ١٠٠٪ فى حالات الإصابة الشديدة.

العوائل

من أبرز عوائل الحشرة: الطماطم، والبطاطس، والباذنجان، والفلفل، والتبغ، والحرنكش *Physalis peruviana*، وكلاً من عنب الديب *Solanum nigrum*، والداتورة *Datura stramonium*، و *Solanum eleagnifolium*، وعدد آخر من الباذنجانيات، وخاصة تلك التى تتبع الجنس *Solanum*، بالإضافة إلى الجنس *Malva* sp.، كما قد تُصيب الفاصوليا أحيانًا.

دورة الحياة

تضع الأنثى حوالى ٢٥٠ – ٣٠٠ بيضة طوال حياتها. يوضع البيض فرديًا على السطح السفلى للأوراق، أو على الساق أو الثمار. يفقس البيض بعد نحو ٤–٦ أيام إلى يرقات صغيرة تصنع أنفاقًا بين بشرتى الورقة، أو فى الساق أو الثمار. تخرج اليرقة من النفق لتصنع نفقًا آخر، وقد تتجول خارج النفق. تعيش اليرقة لمدة ١٠–١٥ يومًا تتحول بعدها من اللون الأصفر إلى الأخضر أو الأسود. وفى خلال ١٠–١٢ يومًا أخرى تتعذر اليرقة فى التربة أو فى نهاية النفق بالأوراق المتصلة بالنبات أو فى الأوراق المتساقطة. والعذارى بنية اللون يبلغ طولها ٦ مم.

تتحول العذراء إلى حشرة كاملة وهى فراشة بنية أو رمادية أو فضية اللون، وذات بقع سوداء على الجناح الأمامى، ويكون الذكر أدكن لونًا من الأنثى، ويبلغ طولها ٧ مم.

تبلغ مدة دورة الحياة ٢٠–٣٨ يومًا، وللحشرة ١٠–١٢ جيلاً فى السنة، ولا تدخل فى فترة بيات شتوى طالما توفَّر الغذاء المناسب لها.

تستغرق درة حياة الحشرة ٢٤ يومًا فى حرارة ٢٧ ْم، و ٣٤ يومًا فى حرارة ٢٠ ْم، و٧٦ يومًا فى حرارة ١٤ ْم. وهى تُعطى — فى المتوسط — ١٢ جيلاً فى السنة، وتضع الأنثى الواحدة ٢٦٠ بيضة فى المتوسط. وتحفر اليرقة فى النسيج الوسطى للورقة.

مظاهر الإصابة

من أهم مظاهر الإصابة الأنفاق الخيطية التى تتكون فى بداية الإصابة، والتى لا تلبث أن تتحول إلى بقع بين بشرتى الورقة مع نمو وتغذية اليرقة على خلايا النسيج الوسطى بين بشرتى الورقة. وتحفر اليرقة فى سوق النبات والبراعم ويشاهد برازها خارج النفق. وتفضل الحشرة الثمار الخضراء على الناضجة، كما تفضل إحداث الإصابة حول منطقة اتصال العنق بالثمرة. ويؤدى وجود النفق إلى تعفن الثمرة بسبب ما تحمله معها من بكتيريا مسببة للعفن. هذا وتحدث الإصابة بالحشرة فى المشاتل والحقل المكشوف والبيوت المحمية.

وتفضل الحشرة التغذية على البراعم الطرفية والأزهار والثمار الحديثة، وتنشط الحشرة ليلاً وتختفى خلال النهار، ويناسبها وجود رطوبة حرة أو أمطار خفيفة.

ولقد دُرست إمكانية التعرف على إصابة الثمار — داخليًّا — بالحشرات بتعريضها للأشعة ما بين ٤٠٠، و ١١٠٠ نانوميتر، ووُجد أن أكثر الأمواج كفاءة فى تحقيق هذا الهدف كانت بالـ SIMCA analysis (وهو ما يعرف بـ soft independent modeling of class analogy)؛ وبذا.. قد يمكن إجراء الفرز أثناء مرور الثمار على سيور متحركة (Mireei وآخرون ٢٠١٧).

المكافحة

من أهم وسائل المكافحة، ما يلى:

١- استخدام الفيرمونات (الجاذبات الهرمونية):

تستخدم الفيرمونات بمعدل ٢-٣ مصيدة للفدان لتحديد كثافة تواجد الحشرة، وبمعدل ١٥-١٧ مصيدة للفدان كوسيلة للمكافحة، حيث تجذب الفيرمونات إليها الذكور؛ ليمكن قتلها بأقل كمية مبيد فى رشة واحدة. وتعد شركتا Russell IPM، و ISCA Technologies من أهم الشركات المنتجة للفيرمون.

يُستخدم الفيرمون على نطاق واسع فى المكافحة فى كلٍ من أوروبا وأمريكا الجنوبية وشمال أفريقيا والشرق الأوسط.

٢- التخلص من بقايا نباتات الطماطم والعوائل الأخرى للحشرة.

٣- المكافحة الحيوية

تفيد المكافحة الحيوية، لكنها ليست كبيرة الفاعلية، ومن أهم الكائنات المستخدمة لذلك ما يلى:

أ- متطفل الترايكوجراما *Trichogramma* spp.

يستخدم متطفل الترايكوجرامًا *Trichogramma acheae* فى إسبانيا بمعدل ٧٥٠٠٠٠ فرد بالغ/هكتار (٣١٥٠٠٠ فرد بالغ/فدان) كل ٣-٤ أيام. وتستخدم الترايكوجراما فى المكافحة فى مصر، خاصة فى الزراعات العضوية.

ب- البكتيريا *Bacillus thuringiensis* (مثل دايبل 2x).

ج- الفطر *Beauveria bassiana*.

د- *Bracon habetor*.

هـ- *Pediobius foveolatus*.

وكذلك تستخدم الفيروسات:

أ- الفيرس *Nucleopolyhedrosis*.

ب- الفيرس *Nucleogranulosis*.

كما يفيد استخدام النيم، الذى قد يستعمل مع أى من البكتيريا أو الفطر أو الفيرس (Muniappan ٢٠١٤).

٤- المكافحة بالمبيدات:

وجد فى البرازيل – حيث بدأت الإصابة بصانعة أنفاق الطماطم *Tuta absoluta* – أن أفضل وسيلة للمكافحة هى بتبادل الرش بكل من الـ abamectin، والـ cartap، والـ chlorfenapyr، والـ indoxacarb (Silva وآخرون ٢٠١٦).

وفى مصر .. يوصى لمكافحة حشرة توتا أبسولوتا بالرش بأحد المبيدات التالية بالتبادل:

شالنجر ٣٦٪ بمعدل ٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء.

أفانت ٥٠٪ بمعدل ٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء.

تريسر ٢٤٪ بمعدل ٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء.

بروكليم ٢٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء.

بيليو ٣٥ مل/ ١٠٠ لتر ماء .

سوميثيون ٥٠٪ بمعدل ٤٥٠ مل/ ١٠٠ لتر ماء.

فوليام فليكس ٤٠٪ بمعدل ٢٠ جم/ ١٠٠ لتر ماء.

(عن مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

كذلك يفيد الرش المزدوج بإثنين من المبيدات معًا، مثل:

تشالنجر + أفانت

أباماكين + ماتش

رنر + لانت

كلوروبيروفوس (مثل ريلدان) + بروكلين

ويفيد تبادل استعمال البيروثرويدات مع الكارتاب.

العنكبوت الأحمر

يُعد استخدام العناكب المفترسة من أجدى وسائل مكافحة العنكبوت الأحمر العادى.

ويعرف فى مصر (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٠) ٣٤ نوعًا من العناكب المفترسة، تنتمى إلى أربعة أجناس؛ هى: *Phytoseius*، و *Paratyphlodromus*، و *Thyphlodromus*، و *Amlyseius*، وهى تنتشر على كل الأنواع النباتية تقريبًا.

كما يُكافح العنكبوت الأحمر *Tetranychus evansi* فى الطماطم بكلٍ من الفطر المرض *Metarhizium anisopliae*، والعنكبوت المفترس *Phytoseiulus longipes*. وتتحقق فائدة أكبر من استخدام كائنى المكافحة الحيوية بإقران المكافحة بالرش بالأبامكتين abamectin، ولكن لا تتحقق فائدة أكبر من الجمع بين كائنى المكافحة الحيوية معًا (Maniania وآخرون ٢٠١٦).

الفصل السابع

تحديات التصدير ووسائل التغلب عليها

أولاً: من المزرعة إلى محطة التعبئة

لكى يكون المنتَجُ جيدًا وصالحًا للتصدير.. يتعين الاهتمام بجميع تحديات الإنتاج التى أسلفنا بيانها فى الفصول السابقة من هذا الكتاب. وعادة .. يكون ذلك مسئولية المنتِج، إلاّ أنه يتعين على المصَدِّر — كذلك — الاهتمام المباشر ببعض الجوانب الإنتاجية التى تؤثر فى جودة المنتَج ومدى صلاحيته للتصدير؛ فضلاً عن اهتمامه بكل ما يدور فى محطات التعبئة من عمليات تداول تُؤثر كذلك — بصورة مباشرة — فى مدى صلاحية المنتَج للتصدير، وهى الأمور التى تناولناها بالشرح فى كتابنا "تكنولوجيا الإنتاج المتميز للطماطم (حسن ٢٠١٨).

الممارسات الزراعية الجيدة للطماطم فى حقول وصوبات الإنتاج

إن الممارسات الزراعية الجيدة good agricultural practices المعتمدة للطماطم فى حقول وصوبات الإنتاج تشمل ما يلى:

١– منع الأخطار أو الحد منها فى الحقل بمراعاة بما يلى:

أ– يجب ألا تقع حقول الطماطم فى أى موقع يمكن أن يصله ماء الصرف، أو تسرب من مزارع إنتاج حيوانى، أو من أى مصدر للتلوث.

ب– تحديد الاستخدام السابق لأرض المزرعة، وتحديد المصادر المحتملة للتلوث من الاستعمال السابق للأرض.

٢– استخدام الأرض والصوبات.. يجب أن يُراعى بشأنه ما يلى:

أ– استبعاد الحيوانات:

(١) يجب استبعاد الحيوانات الأليفة والماشية من مزارع الطماطم خلال مواسم الزراعة والحصاد.

(٢) الحد من تواجد الحيوانات البرية باستخدام وسائل خبراء الحياة البرية.

ب- التخلص من بقايا النباتات التى يمكن أن تشكل مأوى لتكاثر الآفات.

ج- التسجيل الدائم لبيئة الحقل والصوبة، وما يُلاحظ بشأنها.

٣- ماء الرى.. يجب أن يُراعى بشأنه ما يلى:

أ- مصدر ماء الرى:

(١) التأكد من عدم تلوث ماء الرى بمخلفات حيوانية أو بشرية ومطابقته لمواصفات سلامة المياه.

(٢) تحديد المصادر المحتملة للتلوث فى مياه الرى.

(٣) التأكد من أن الآبار وطلمبات المياه الجوفية المستخدمة فى الرى لا توجد بها أى مخاطر للتلوث.

(٤) تحديد وتسجيل مصادر ماء الرى لكل محصول.

(٥) السماح باستخدام الطرق المعتمدة فى معاملة المياه لجعلها متوافقة مع المواصفات القياسية.

(٦) يجب عدم التضارب بين تطبيق المقاييس المعتمدة للمياه مع الاحتياجات لإعادة استخدام الماء.

ب- المتابعة:

تحليل مياه الرى بصفة دورية والاحتفاظ بسجلات لذلك للحد من أى احتمال للتلوث الميكروبى.

٤- العاملين فى حقول وصوبات الطماطم.. يجب أن يراعى بشأنهم ما يلى:

أ- نظافة وتصحاح sanitation العاملين.

ب- اتباع سياسة واضحة لاستبعاد العمال المرضى، والذين تظهر عليهم علامات الإسهال من الأعمال التى يلامسون فيها الطماطم.

ج- تدريب وتعليم العاملين على ممارسات النظافة العامة، مع تسجيل ذلك.

٥- ممارسات إنتاج المحصول:

أ- الاستخدام المناسب للأسمدة والتسميد.

ب- لا يستخدم السماد العضوى إلا إذا كان تام التحلل، وإذا استخدم يجب الاحتفاظ بسجلات لعمليات الكمر والطرق المتبعة.

٦- المبيدات:

أ- لا تستخدم سوى المبيدات المصرح بها، ولا تخلط للرش بها إلاّ مع مياه من مصادر مصرح بها حتى لا تكون مصدرًا للتلوث الميكروبى.

ب- يُراعى أن تكون المركبات الكيميائية الموجودة بالمبيدات المصرح بها مصرح بها كذلك.

٧- الحصاد.. يجب أن يُراعى فيه ما يلى:

أ- العاملين:

يجب أن يكون المتعاقدين والعمال على دراية بأساسيات خفض مخاطر أمان الغذاء وموافقون على ممارسات الشركة المنتجة بهذا الخصوص.

ب- أوعية التعبئة:

(١) يجب التأكد من أن جميع الأوعية المستخدمة فى نقل المحصول — والتى يُعاد نقلها من محطة التعبئة لاستخدامها — نظيفة قبل استخدامها.

(٢) لا تُستخدم أى عبوات تعبئة نهائية — مثل الصناديق التى يوجد بها فواصل بأعشاش — فى الحقل. ولا تستخدم فى الحقل إلاّ الأوعية التى يمكن تنظيفها بسهولة.

(٣) ضرورة تطهير وتعقيم كل الأسطح التى تُلامس المحصول أسبوعيًّا على الأقل، وربما على فترات أقل حسب الحاجة؛ لأجل إزالة الرمل والأتربة والبقايا الأخرى.

٨- المعدات .. يجب أن يراعى بشأنها ما يلى:

أ- يجب أن تكون جميع الأسطح التى تلامس المحصول نظيفة وخالية من الملوثات.

ب- تجرى عمليات التنظيف والتطهير بصورة روتينية ويُحتفظ بسجلات لذلك.

ج- المحافظة على جميع أسطح الآليات والمعدات من أى تلوث أو خشونة يمكن أن تُضار بسببها ثمار الطماطم.

٩- إزالة المتبقيات النباتية والأتربة من الثمار بالقدر الممكن فى الحقل.

١٠- التخلص من النفايات وفرز المحصول والتخلص من الثمار المجروحة:

يؤدى التخلص من جميع الثمار المجروحة - قدر الإمكان - إلى تقليل فرصة التلوث الميكروبى. ولا يجب أن تزيد نسبة الثمار المضارة بشدة عن ٥٪، ولا أن تزيد نسبة الثمار الطرية أو المعطوبة عن ١٪.

١١- المياه المستعملة فى الحقل:

لا يجب أن تتلامس الثمار وقت الحصاد مع مياه لا تنطبق عليها مقاييس الأمان.

١٢- تقليل التلوث الميكروبى فى التعبئة الحقلية:

يجب إتباع مقاييس النظافة الكاملة التى تخفض بكتيريا الـ *Salmonella*، والـ *Erwinia* بمقدار ٣ لوغاريتم (أى خفضها بمقدار ألف ضعف).

١٣- المحافظة على السجلات:

تشمل سجلات الإنتاج الحقلى وفى الصوبات كلاً من الحالة الجوية، واستعمالات الماء، ودورات التعليم والتدريب المنتهية، وممارسات مكافحة الآفات والإنتاج المحصولى.

عوامل الإنتاج المؤثرة فى جودة الثمار بعد الحصاد

أشرنا فى الفصول السابقة إلى عديد من عوامل الإنتاج والمعاملات الزراعية التى

تؤثر فى جودة المنتج، ونلقى الضوء — فيما يلى — على العوامل المؤثرة فى سرعة نضج الثمار وسرعة فقدها لصلابتها بعد الحصاد.

شدة الضوء والتظليل

كان لتظليل ثمار الطماطم الشيرى دورًا شديد الفاعلية فى خفض محتواها من حامض الأسكوربيك. وفى الظروف الطبيعية كان هناك ارتباط بين محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والسكر اللذان ازدادا مع تقدم مرحلة النضج. وأدى خفض تعرض الثمار للأشعة الشمسية إلى إحداث خفض كبير (–٧٤٪) فى محتواها من حامض الأسكوربيك دون التأثير على محتواها من السكر؛ وبذا لم يكن هناك ارتباط بين السكر وحامض الأسكوربيك المختزل فى تلك الظروف. وقد أخَّر تظليل الأوراق من نضج الثمار، وأدى إلى زيادة حامض الأسكوربيك المؤكسد فى الثمار الخضراء بنسبة ٩٨٪، بينما أدى إلى خفض محتوى الثمار البرتقالية من حامض الأسكوربيك المختزل بنسبة ١٩٪؛ بما يعنى أن أيض حامض الأسكوربيك يعتمد — كذلك — على تعريض الأوراق للأشعة الضوئية. ويُستفاد من تلك النتائج أن محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك لا تحدده عملية البناء الضوئى فى الأوراق أو توفر السكر، ولكنه يعتمد بقوة على تعرض الثمار ذاتها للأشعة الضوئية. وأغلب الظن أن تظليل الأوراق أثر على محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك بتأخيره لنضج الثمار (Gautier وآخرون ٢٠٠٩).

وأدى التظليل بنسبة ٢٥٪ باستعمال شباك سوداء إلى زيادة الفقد فى كل من الوزن، والصلابة، ومحتوى حامض الأسكوربيك، ونسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة المعايرة أثناء التخزين بعد الحصاد على ١٠ °م، و ٩٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٢١ يومًا تبعها يومان على ٢٥ °م. أما التظليل بالشباك الحمراء فقد أدى إلى زيادة محتوى الثمار من البيتاكاروتين والفينولات الكلية والمواد المتطايرة المسئولة عن النكهة والنشاط المضادة للأكسدة بعد الحصاد (Selahle وآخرون ٢٠١٤).

ومن ناحية أخرى.. فإن تعرض ثمار الطماطم أثناء نضجها — وهى على النبات — للأشعة الشمسية القوية يؤدى إلى رفع حرارة سطحها، ويُصاحب ذلك انخفاض جوهرى

فى محتواها من الليكوبين، وزيادة جوهرية فى محتواها من كل من البولى فينولات وحامض الأسكوربيك (Pék وآخرون ٢٠١١).

الرطوبة الأرضية

لوحظ فى الأوقات التى يسودها جو ممطر – عندما تعقبها أيام باردة تسودها الغيوم – قبل الحصاد – أن الثمار تكون أكثر عرضة للإصابة بأضرار البرودة عند التخزين، إلا أن الرى بالرش لا يُحدث هذا الأثر؛ الأمر الذى يعنى وجود عامل أو عوامل أخرى تؤثر على الحساسية لأضرار البرودة غير الرطوبة الأرضية. غير أن Dodds وآخرين (١٩٩٦) وجدوا أن ارتفاع منسوب الماء الأرضى أدى إلى زيادة حساسية الطماطم للإصابة بأضرار البرودة.

المعاملات السمادية

من المعلوم أن تسمم نباتات الطماطم الناشئ عن زيادة التسميد الأمونيومى يؤدى إلى إنتاج غاز الإثيلين من النموات الخضرية. وقد توصل Barker & Ready (١٩٩٤) إلى نتائج مماثلة بالنسبة للثمار، حيث وجدا أن نباتات الطماطم التى اعتمدت فى تغذيتها على النيتروجين الأمونيومى ازدادت فيها نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكانت ثمارها أكثر إنتاجًا للإثيلين مقارنة بثمار النباتات التى اعتمدت فى تغذيتها على النيتروجين النتراتى، والتى لم تظهر عليها زيادة غير عادية فى إنتاج الإثيلين.

وبصفة عامة.. فإن أضرار البرودة تزداد – عند التخزين – بزيادة معدلات التسميد بكبريتات الأمونيوم، وتقل بزيادة التسميد بأى من الفوسفور أو البوتاسيوم (عن Dodds وآخرين ١٩٩٦). هذا إلا أن Dodds وآخرون (١٩٩٦) لم يجدوا تأثيرًا لمعدلات التسميد بأى من البوتاسيوم أو الكالسيوم فى الحقل على الحساسية للإصابة بأضرار البرودة بعد الحصاد.

وبالمقارنة.. يُستدل من دراسات Garcia وآخرين (١٩٩٥) أن رش نباتات الطماطم بكلوريد الكالسيوم تسع مرات – بتركيز ٠,١ مولار – بداية من الشهر الثانى بعد الشتل

أدى إلى زيادة صلابة الثمار أثناء التخزين وزيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ولكن مع زيادة – كذلك – فى سرعة تلون الثمار، وفى سرعة فقدها لوزنها.

كذلك وجد Hong وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية لمزارع الطماطم المائية – مع قطف الثمار وهى خضراء مكتملة النمو – أدى إلى تأخير نضجها. وظهر ذلك فى صورة تأخير فى تلوّن الثمار، وبطء فقدها لصلابتها، ونقص فى معدل إنتاجها لغاز الإثيلين، مقارنة بثمار النباتات التى أعطيت مستويات عادية من الكالسيوم. وبالمقارنة.. لم تكن لمعاملة الكالسيوم أية تأثيرات على الثمار التى قطفت فى مرحلة بداية التلوين. وقد ازداد المحتوى البكتينى لثمار الطماطم بزيادة تركيز الكالسيوم.

وقد أحدثت معاملة الرش الورقى بكلوريد الكالسيوم بتركيز ٠,٢٪ خلال فترة نمو الثمار تحسنًا كبيرًا فى صفات جودة الثمار؛ فيتحسن اللون، ومحتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، كما تتحسن الصلابة، خاصة عندما تكون المعاملة بتركيز ٠,٥٪. وقد وجد أن المعاملة بالنيتروجين يكون لها تأثير سلبى على الصلابة؛ بما يعنى أن الرش بنترات الكالسيوم قد لا يفيد فى تحسين الصلابة (Mishra ٢٠٠٢).

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

وجد Islam وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الزراعات المحمية خلال فترة نمو وتكوين الثمار أحدثت نقصًا جوهريًا فى محتوى الثمار من أحماض الستريك والماليك والأوكساليك، مع زيادة جوهرية فى تركيز السكريات المختزلة، وفى دكنة اللون الأحمر أثناء التخزين فى حرارة ٢٠ °م.

الإصابة بالذبابة البيضاء والنضج غير المنتظم

إن الثمار المصابة بالنضج غير المنتظم – جرَّاء تغذية الذبابة البيضاء على النباتات المنتجة لها – تكون أبطأ فى الدخول فى كلايمكترك إنتاج الإثيلين بنحو خمسة أيام، ولا تتلون باللون الأحمر بنفس الدرجة، ولا تفقد صلابتها بنفس السرعة التى تحدث

بها فى ثمار النباتات التى تكون خالية من الإصابة بالذبابة، ويتكرر الأمر ذاته بالنسبة لتلك التغيرات الثمرية بعد الحصاد (McCollum وآخرون ٢٠٠٤).

المعاملة بالإثيفون قبل الحصاد

أوضحت عديد من الدراسات أن معاملة نباتات الطماطم بالإثيفون Ethephon قبل الحصاد تؤدى إلى سرعة نضج الثمار، وتركيز النضج خلال فترة زمنية قصيرة.

وتفيد المعاملة بالإثيفون فى الحالات التالية:

١- عند الرغبة فى إسراع النضج مبكرًا فى الربيع للاستفادة من ارتفاع الأسعار، كما يكون عليه الحال خلال الفترة الممتدة من حوالى منتصف شهر مارس إلى آخر شهر أبريل فى مصر. يسمح ذلك ببدء الحصاد مبكرًا بنحو ٥-٧ أيام.

٢- عند الرغبة فى إسراع النضج فى الخريف، لتجنب التعرض للصقيع فى المناطق التى يحدث فيها صقيع.

٣- عند الرغبة فى تركيز نضج الثمار خلال فترة زمنية قصيرة، لتسهيل الحصاد اليدوى، أو لأجل الحصاد الآلى.

٤- زيادة المحصول فى حالات العقد غير المستمر؛ حيث توجد فترتان للعقد تفصلها فترة بدون عقد.

٥- التغلب على مشكلة النضج المتأخر فى الحقول ذات النمو الخضرى الزائد.

٦- خفض تكاليف فرز الطماطم حسب درجة النضج؛ لأن نضج الثمار يكون متجانسًا.

٧- تقليل الفقد فى وزن الثمار — الذى يحدث خلال الفترة التى يتطلبها اكتمال النضج — لأن النضج يكون سريعًا.

٨- تقليل الشروط والمواصفات التى يتعين توفرها فى غرف الإنضاج.

٩- احتفاظ الثمار — التى تنضج بعد المعاملة بالإثيفون — بمحتوى من حامض الأسكوربيك أكثر ارتفاعًا عما يكون عليه الحال فى الثمار التى تنضج طبيعيًّا دون أن تعامل بالإثيفون.

ويترتب على المعاملة بالإثيفون بتركيز ١٢٥ — ٥٠٠ جزء فى المليون — سواء أكانت المعاملة للنباتات قبل الحصاد بفترة قصيرة، أم للثمار بعد الحصاد مباشرة — إلى تقصير الفترة التى يستغرقها نضج الثمار ما بين ٥ أيام و ١٢ يومًا، حسب التركيز المستخدم والصنف المستعمل.

هذا.. إلا أن الثمار لا تزداد فى الحجم كثيرًا بعد المعاملة.

يجب أن تؤخذ الأمور التالية فى الحسبان لأجل ضمان فاعلية المعاملة بالإثيفون:

١- عدم معاملة الحقول التى تكون نباتاتها ضعيفة النمو أو معرضة لأى شدّ؛ ذلك لأن المعاملة بالإثيفون يمكن أن تُحدث سقوطًا لبعض أوراق النبات؛ مما يعرض النباتات الضعيفة النمو لإصابة ثمارها بلسعة الشمس.

٢- لا تجوز المعاملة بالإثيفون إذا كان من المتوقع ارتفاع الحرارة عن ٣٢°م.

٣- لا تفيد المعاملة بالإثيفون فى إسراع نضج الثمار غير المكتملة التكوين؛ فهى يجب أن تكون خضراء مكتملة التكوين لكى تفيد معها المعاملة. وأفضل وقت للمعاملة هو عندما تكون ٥٪-١٥٪ من الثمار فى الحقل — بالعدد — وردية أو حمراء اللون. ولا تستفيد الحقول التى تزيد فيها نسبة الثمار — التى بدأت فى التحول اللونى — أو كانت فى أى درجة من درجات التلوين تزيد عن ٤٠٪ — من المعاملة.

٤- عدم رش مساحات تزيد عما يمكن حصاده فى اليوم الواحد؛ نظرًا لأن ثمار النباتات المرشوشة لا تبقى بحالة جيدة على "العرش" كثمار النباتات غير المعاملة.

٥- تتباين الأصناف فى قوة النمو وصفات الأوراق؛ ومن ثم فى مدى استجابتها لمعاملة الإثيفون. هذا وتحصد الثمار — عادة — بعد نحو ٢-٣ أسابيع من المعاملة حسب درجة الحرارة.

٦- لا يخلط الإثيفون مع المبيدات، كما يستعمل محلول الرش أولاً بأول، ولا يترك ولو حتى إلى صباح اليوم التالى.

ولمزيد من التفاصيل حول المعاملة بالإثيفون وتوقيتاتها فى كل من أصناف طماطم التصنيع والاستهلاك الطازج والزراعات المحمية والشيرى.. يراجع حسن (٢٠١١).

تأثير حالة الثمار وطريقة تداولها عند الحصاد وبعده على نوعيتها

تتأثر نوعية ثمار الطماطم بعد الحصاد بالعوامل التالية:

مدى اكتمال نمو الثمار عند الحصاد

لا يمكن أن تتلون الثمار التى تقطف قبل اكتمال تكوينها بصورة جيدة حتى ولو أعطيت معاملات الإنضاج الصناعى.

سرعة التخلص من حرارة الحقل field heat بعملية التبريد الأوَّلى

تؤدى هذه العملية إلى وقف تدهور الثمار سريعًا بعد الحصاد، وتظل محتفظة بجودتها لفترة أطول.

هذا.. إلا أن إجراء التبريد الأوَّلى بالماء البارد، أو قلب حمولة الثمار فى أحواض تحتوى على ماء تقل حرارته عن حرارة الثمار — بهدف تقليل الأضرار الميكانيكية التى يمكن أن تحدث للثمار عند قلبها — يمكن أن يزيد كثيرًا من إصابة ثمار الطماطم بالأعفان. ويستدل على ذلك من دراسات Showalter (١٩٩٣) التى توصل منها إلى أن ثمار الطماطم تحتوى على فراغات هوائية كثيرة بين الخلايا، ويؤدى قلبها فى ماء تنخفض درجة حرارته عن حرارة الثمار ذاتها إلى انكماش هذه الفراغات الهوائية؛ مما يؤدى إلى اندفاع الماء — مع ما يحمله من كائنات مسببة للأعفان — إلى داخل الثمار من خلال موضع اتصالها السابق بالعنق؛ ذلك لأن جلد الثمار يكون مغطى بطبقة سميكة من الكيوتين، كما أن بشرتها تخلو من الثغور. وقد أدت تدفئة الماء الذى تقلب فيه الثمار إلى الحد من مشكلة الأعفان.

مدى إصابة الثمار بالأضرار Physical Injuries

يمكن أن تحدث الأضرار فى أية مرحلة من مراحل تداول الثمار فيما بين الحصاد، ووصولها إلى المستهلك. وتوجد عدة أنواع من هذه الأضرار، منها: القطوع cuts، واختراق أعناق الثمار للثمار المجاورة لها punctures، والخدوش scuffs، والجروح abrasions الناتجة عن الاحتكاكات. تشوه هذه الأضرار مظهر الثمار، وتزيد فقدها للماء، وقابليتها للإصابة بالأعفان، ومن تنفس الثمار، وإنتاج غاز الإثيلين. وقد تفشل المناطق المصابة فى التلون باللون الأحمر الطبيعى.

وتظهر على ثمار الطماطم الخضراء مكتملة النمو أنسجة شبه فلينية تنشأ نتيجة لاحتكاك الثمار ببعضها، أو مع الأسطح الخشبية. وتتحول هذه الأنسجة إلى اللون البنى عند نضج الثمار، وتكثر الجروح بالثمار مع زيادة الاهتزازات أثناء نقل الثمار.

ومن المظاهر الخارجية للخدوش والجروح: فقد الثمار لصلابتها، وظهور أنسجة مبتلة water soaked. أما الأعراض الداخلية، فإنها لا تلاحظ غالبًا إلاّ بعد قطع الثمار، وتكون على شكل أنسجة مبتلة فى المشيمة والأنسجة الداخلية، وظهور المادة شبه الجيلاتينية بلون ضارب إلى البياض، أو إلى الأخضر، كما تكون منكمشة.

وتتميز الكدمات الداخلية internal bruses بظهور جل أصفر إلى أخضر فى مساكن الثمار الناضجة، ويحدث ذلك عند ضعف النضج الطبيعى للجل نتيجة لحدوث ضغط فيزيائى على الثمار وهى خضراء أو وهى فى طور التحول. ومثل هذه الثمار ينخفض كثيرًا محتواها من حامض الأسكوربيك والحموضة المعايرة والكاروتينات الكلية، كما يسوء طعمها. وتزداد حساسية الثمار للإصابة بتلك الظاهرة وهى فى مرحلة التحول عما يحدث لها وهى فى مرحلة اكتمال التكوين وهى خضراء (Sargent & Moretti ١٩٩٤).

وتؤدى الأضرار الداخلية بالثمار التى تحدث نتيجة لسوء التداول وخشونة المعاملة إلى إحداث تغيرات كبيرة فى إنتاج مختلف الأنسجة من مختلف المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة، مقارنة بثمار الكنترول التى لا تتعرض لتلك المعاملات.

التعرض لدرجات حرارة غير مناسبة

الحرارة المنخفضة وأضرار البرودة

لدرجة الحرارة علاقة كبيرة بنوعية الثمار. فتعرض ثمار الطماطم لدرجة حرارة أقل من درجة التجمد (حوالى –١ °م) يؤدى إلى ظهور أعراض التجمد freezing ijnury، وهى: المظهر المائى water soaked appearance، وطراوة الثمار، وجفاف المادة شبه الجيلاتينية التى توجد فى المساكن، كذلك فإن لدرجات الحرارة الأعلى من ٣٠ °م تأثيرات سلبية كبيرة على نضج وتلون الثمار، بينما تحدث أضرار البرودة chilling injury عندما تتعرض الثمار لدرجات حرارة منخفضة تقل عن ١٢٫٥ °م، وتزيد عن درجة التجمد لمدة يتوقف طولها على درجة الحرارة. فكلما زاد انخفاض درجة الحرارة، قصرت الفترة اللازمة لإحداث الأضرار، وتصبح الأضرار أكثر وضوحًا بعد إخراج الثمار من المخازن. وتعتبر الثمار الناضجة أقل حساسية لأضرار البرودة من الثمار الخضراء.

ومن أهم أضرار البرودة: عدم تلون الثمار بصورة جيدة، أو تلونها بصورة غير منتظمة، وفقد الثمار لصلابتها، وظهور نقر سطحية بها، وتلون البذور باللون البنى، وزيادة قابليتها للإصابة بالعفن، خاصة بفطر الألترناريا *Alternaria*. كما تؤثر الحرارة المنخفضة تأثيرًا سيئًا على طعم الثمار، فتزيد الحموضة، وتفقد نكهتها المميزة قبل ظهور أية أعراض أخرى خارجية عليها.

إن الطماطم تتعرض للإصابة بأضرار البرودة إذا خزنت — وهى خضراء مكتملة التكوين – على ١٠ °م لمدة تزيد عن أسبوعين أو على ٥ °م لمدة تزيد عن أسبوع واحد. ومن أهم أعراض أضرار البرودة فشل الثمار فى النضج وفى التلون الكامل، مع ظهور مناطق غير ملونة (blotchy) بها، ولا يكون طعمها جيدًا، وتفقد صلابتها مبكرًا، ويظهر بها نقر سطحية، مع تلون البذور باللون البنى وزيادة قابلية الثمار للإصابة بالأعفان، وخاصة العفن الأسود الألترنارى.

وبينما تُصاب ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بأضرار البرودة إذا خزنت على حرارة تقل عن ١٠ °م، فإن الثمار تصبح أقل تعرضًا للإصابة بتلك الأعراض كلما ازدادت نضجًا؛ فالثمار الوردية اللون يمكن تخزينها على ٥°م لمدة ٤ أيام دون توقع أية مشاكل، ثم استكمال نضجها على ١٣–١٥ °م فى خلال يوم واحد إلى أربعة أيام.

تظهر أعراض أضرار البرودة على الثمار التى تعرضت للحرارة المنخفضة الأقل من تلك التى يمكنها تحملها — حسب درجة نضجها — حتى ولو تعرضت لحرارة معتدلة بعد ذلك.

وتزداد شدة هذه الأضرار بزيادة الانخفاض فى درجة الحرارة، وبزيادة فترة تعرض الثمار للحرارة المنخفضة، سواء أتم ذلك قبل الحصاد، أم بعده، ويكون تأثير التعرض للحرارة المنخفضة متجمعًا. وتظهر أضرار البرودة حتى ولو نقلت الثمار من المخازن ذات الحرارة المنخفضة إلى حرارة أعلى، ويكون ظهور الأعراض أوضح بعد إخراج الثمار من المخازن. كما تحدث أضرار البرودة حتى إذا تعرضت الثمار لدرجة الحرارة المنخفضة قبل الحصاد. ولا يجدى تخزين هذه الثمار — فى المجال الحرارى الملائم — فى وقف إصابتها بهذه الأضرار (Craft & Heinze ١٩٥٤، و Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وتزداد فرصة تعرض ثمار الطماطم المخزنة فى حرارة ٧ °م لأضرار البرودة كلما ازدادت فترة تعرضها لحرارة تقل عن ١٥,٦ °م خلال الأسبوع السابق للحصاد (عن Dodds وآخرين ١٩٩٦). وكانت أقل حرارة أمكن تخزين ثمار الطماطم عليها مع نضجها بصورة متجانسة هى ٩°م (Hobson ١٩٨٧).

وتقل فرصة إصابة ثمار الطماطم بأضرار البرودة كلما تقدمت فى النضج؛ فالثمار الحمراء أقل حساسية لأضرار البرودة من الثمار الوردية، والوردية أقل من تلك التى فى بداية التلوين.. وهكذا.

وقد وجد Bergevin وآخرون (١٩٩٣) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين المخزنة بأعناقها فى حرارة درجة واحدة مئوية تصاب بأضرار البرودة بدرجة أكبر من إصابة الثمار المماثلة — المخزنة تحت نفس الظروف — بدون أعناقها. ظهرت أعراض

أضرار البرودة على الثمار المخزنة بأعناقها فى صورة انكماش وتلون سطحى للثمار بعد ٨ أيام أو أكثر من تعرضها للحرارة المنخفضة، ولم تنضج هذه الثمار طبيعيًّا عندما نقلت بعد ذلك إلى حرارة ٢٠ °م. أما الثمار التى خزنت بدون أعناقها فإنها لم تصب بشدة بأضرار البرودة، كما أنها أكملت نضجها بصورة طبيعية بعدما نقلت إلى حرارة ٢٠ °م. وقد وجد الباحثون أن تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الداخلى للثمار التى خزنت بدون أعناقها – بعد نقلها إلى حرارة ٢٠ °م – كان أقل جوهريًّا من تركيزه فى الثمار التى خزنت بأعناقها، وتبين أن موقع أثر العنق المُزال بالثمرة هيأ منفذًا ملائمًا لتبادل الغازات بين داخل الثمرة وخارجها؛ الأمر الذى لم يحدث من خلال جلد الثمرة. وقد استنتج الباحثون من ذلك أن الهواء الداخلى للثمار التى تخزن بأعناقها يحتوى على تركيز مرتفع من غاز ثانى أكسيد الكربون – بعد نقلها إلى ٢٠ °م – وأن ذلك يحفز ظهور أعراض أضرار البرودة عليها.

وتقسم أضرار البرودة فى الطماطم – حسب شدة الضرر الحادث – إلى الفئات التالية:

١- أضرار طفيفة، وفيها يقتصر الضرر على فقد الثمار لصلابتها، مع عدم انتظام التلوين.

٢- أضرار متوسطة، وفيها تظهر بالثمرة بقع مائية المظهر، وتبرقشات صفراء فى خلفية حمراء، ويكون سطحها غير منتظم أو غير أملس.

٣- أضرار شديدة، وفيها تظهر بالثمرة بقع كبيرة خضراء صلبة فى خلفية حمراء، مع انهيار فى الخلايا يترتب عليه عدم انتظام سطح الثمرة، وفقد الثمرة لرطوبتها وذبولها (عن Jackman وآخرين ١٩٩٠).

ومن المعتقد أن أعراض أضرار البرودة تنشأ نتيجة للأضرار التى تحدثها الحرارة المنخفضة (صفر إلى ١٠ °م) فى كل من الأغشية الخلوية المحيطة بالبروتوبلازم plasma membrane، والمبطنة له (المحيطة بالفجوات العصارية) tonoplast، وذلك فى خلايا

الجدر الثمرية pericarp؛ الأمر الذى ينعكس على صورة زيادة فى التسرب الأيونى من تلك الثمار.

كذلك تضر الحرارة المنخفضة بالأغشية البلازمية للبلاستيدات الخضراء فى ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين؛ الأمر الذى يتعارض مع تحولها إلى بلاستيدات ملونة بعد ذلك.

كما صاحب ظهور أعراض البرودة (بعد أيام من نقل الثمار إلى حرارة ٢٤ ْم، بعد تخزينها لمدة ٢٠ يومًا فى حرارة ٥ ْم) حدوث انفصال فى ليبيدات الغشاء الخلوى للميكروسومات (Sharom وآخرون ١٩٩٤).

ويستدل من دراسات L'Heureux وآخرين (١٩٩٣) حدوث زيادة جوهرية فى نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة خلال فترة تعريض ثمار الطماطم للحرارة المنخفضة (١ ْم)، مع عودة جزئية فقط لحالة التشبع بعد نقل الثمار إلى حرارة مرتفعة (٢٠ ْم)؛ الأمر الذى قد يتسبب فى عدم ثبات الأغشية الخلوية وعدم أدائها لوظائفها بصورة طبيعية بعد نقل الثمار إلى الحرارة المرتفعة لاستكمال نضجها.

الحرارة المرتفعة

وجد Hamauzu وآخرون (١٩٩٤) أن ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين تغير لونها من الأخضر إلى الأحمر فى حرارة ٢٠ ْم، ولكن لونها أصبح خليطًا من الأحمر والبرتقالى، والأصفر فى حرارة ٣٠ ْم، بينما تغير لونها إلى الأصفر فى حرارة ٣٥ ْم. وقد كانت طبقة البشرة أكثر حساسية للحرارة العالية عن الجدر الثمرية، وأدت الحرارة العالية إلى تثبيط تراكم كلٍّ من الفيتوين Phytoene والليكوبين Lycopene بصورة معنوية، وكان تأثيرها المثبط على الفيتوين أكثر من تأثيرها على الليكوبين. وقد ازداد محتوى البيتاكاروتين فى كل من البشرة والجدر الثمرية وبدرجة أكبر فى البشرة فى حرارة ٣٠ ْم فى بداية الأمر، ولكن نقص محتوى البيتاكاروتين مع زيادة فترة التخزين فى حرارة ٣٠ ْم بعد حوالى ١٥ يومًا. كذلك انخفض محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والألفاتوكوفيرول alpha-tocopherol أثناء التخزين فى حرارة ٣٠ ْم أو ٣٥ ْم.

هذا.. ويُحدِث التعرض للحرارة المرتفعة بعد الحصاد أضرارًا فسيولوجية لثمار الطماطم تتضمن انهيار الخلايا والأنسجة الثمرية. وقد وجد Inaba & Crandall (١٩٨٨) أن ترك ثمار الطماطم معرضة للشمس بعد الحصاد أدى إلى رفع حرارتها الداخلية إلى ٥٥ْم. وعندما قيس الضرر الذى تحدثه الحرارة المرتفعة — تحت ظروف المختبر — بوضع الثمار الخضراء مكتملة التكوين فى حرارة تراوحت بين ٢٥ْم و ٦٥ْم لمدد تراوحت بين ٣٠ و١٨٠ دقيقة — وذلك بقياس درجة التسرب الأيونى من الثمار المعاملة — وجد أن فترات التعرض الحرجة — التى صاحبها ظهور الأضرار — كانت ١٦٦ دقيقة فى حرارة ٤٥ْم، و ١٠٥ دقائق فى حرارة ٥٠ْم، و٣٤ دقيقة فى حرارة ٥٥ْم.

طول الفترة بين الحصاد والاستهلاك وسرعة نضج الثمار

يُساعد تقصير هذه الفترة على تقليل فقد النكهة المميزة للثمار، وعدم ظهور أى طعم غير مرغوب فيها، وتتأثر سرعة نضج الثمار بدرجة حرارة التخزين، وبمعاملات الإنضاج الصناعى.

العيوب الفسيولوجية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية Physiological Disorders التى تظهر بثمار الطماطم والتى تؤثر فى جودتها بعد الحصاد كل من الجدر الرمادية، والنضج غير المنتظم، والتفلقات، والكدمات الداخلية، والبقع الغائمة، وقد أسلفنا الإشارة إليها.

الأضرار المرضية

تنشأ معظم الأضرار المرضية Pathological Disorders غالبًا قبل الحصاد، ولكنها تكون غير ملحوظة، ولا تبدأ فى الظهور إلا بعد أن تزداد شدة الإصابة، ويكون ذلك أثناء التداول والتخزين. تزداد حدة هذه الأمراض بزيادة الجروح، وتعرض الثمار لأضرار البرودة. وتعتبر الأمراض التالية أهمها وأكثرها خطورة وشيوعًا فى المخازن، وأثناء النقل والتسويق.

العفن الأسود

يسبب الفطر *Alternaria alternate* مرض العفن الأسود black mould، ولا يصيب إلا الثمار الحمراء التى أضيرت بفعل التجريح، أو البرودة، أو خزنت لفترة طويلة. ويمكن أن تتواجد جراثيم الفطر على سطح الثمار قبل الحصاد، ولكنها لا تنمو ولا تحدث الإصابة إلا بعد النضج. ويوجد طراز آخر من الفطر هو: *A. alternata* f. *lycopersici* يمكنه إصابة الثمار وهى خضراء. ويمكن خفض نسبة الإصابة بهذا المرض كثيرًا باستبعاد جميع الثمار التى تكون فيها جروح، أو شقوق، أو عيوب فسيولوجية يمكن أن تشكل منفذًا للإصابة، مثل تعفن الطرف الزهرى، وكذلك بتجنب أضرار البرودة.

عفن فيثوفثورا

يعرف مرض فيتوفثورا أيضًا باسم Buckeye، ويسببه الفطر *Phytophthora* spp.، ويظهر على شكل مناطق مائية water soaked ذات دوائر بنية مميزة. وتحدث الإصابة عادة فى الثمار التى تلامس الأرض، خاصة بعد الرى أو المطر. ويؤدى استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة إلى تقليل الإصابة.

العفن الرمادى

يسبب الفطر *Botrytis cinerea* مرض العفن الرمادى grey mould، على الثمار الخضراء على شكل دوائر بيضاء تحيط بمركز أخضر (وهو ما يعرف باسم عين الشبح ghost spot). تصبح المناطق المصابة مائية المظهر، ثم تتحول إلى اللون الأخضر الضارب إلى الرمادى أو البنى. تحدث الإصابة بالفطر قبل الحصاد، وقد تظهر الأعراض فى الحقل أو بعد الحصاد. تفيد المعاملة ببعض المبيدات الفطرية، مثل بوتران Botran فى منع الإصابة بهذا المرض بعد الحصاد.

عفن ريزوبس

يسبب الفطر *Rhizopus stolonifer* مرض عفن ريزوبس Rhizopus rot، وهو ولا يصيب إلا الثمار المجروحة أو المتشققة. وتظهر الأعراض كبقع كبيرة يوجد فيها

ميسيليوم رمادى اللون، تبدو فيه كتل من جراثيم الفطر بلون أبيض أو رمادى. ويكافح هذا الفطر جيدًا بالمعاملة بالبوتران.

عفن التربة

يسبب الفطر *Rhizopus solani* مرض عفن التربة soil rot، وتظهر الإصابة أولاً على شكل بقع حمراء ضاربة إلى البنى على سطح الثمار التى تلامس التربة، ثم تأخذ البقع بعد ذلك لونًا بنيًّا داكنًا. وتكون غائرة. يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة، أو التربية الرأسية للطماطم فى خفض حالات الإصابة.

العفن البكتيرى الطرى والتحلل السريع

تسبب البكتيريا *Erwinia carototora* مرضا العفن البكتيرى الطرى bacterial soft rot والتحلل السريع rapid breakdown، وتبدأ الإصابة على شكل بقع صغيرة مائية المظهر، وغائرة قليلاً ثم تتسع البقع بسرعة لتشمل معظم الثمار، وتفقد الأنسجة المصابة صلابتها كلية وتصبح مائية. وقد تبدأ الإصابة فى الحقل، أو بعد الحصاد، وتنتقل الإصابة من الثمار المصابة إلى الثمار السليمة المجاورة لها، وتناسبها الحرارة المرتفعة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

ويحدث التحلل السريع لثمار الطماطم — عادة — نتيجة للإصابة بأحد مرضين أو كلاهما، وهما: بكتيريا العفن الطرى soft rot، وبكتيريا العفن الحامضى sour rot. وفى كلا المرضين تظهر مساحة فاقدة لصلابتها بعد نحو ١٢–١٨ ساعة من الحصاد تزداد تدريجيًّا سطحيًّا وفى العمق حتى بعد التعبئة وفى حجرة الإنضاج. تنتج هذه البقع كميات كبيرة من السوائل، لتظهر مساحات مبتلة تنضح على الكراتين ذاتها، ولينتشر العفن داخل الكرتونة.

التغيرات التى تحدث فى ثمار الطماطم أثناء نضجها على النبات

إن من أهم التغيرات التى تحدث فى ثمار الطماطم أثناء نضجها على النبات، ما يلى:

١- زيادة فى السكريات السداسية الرئيسية: الجلوكوز، والفراكتوز.

٢- زيادة فى مكونات الجدر الخلوية مثل حامض الجالاكتيورونك galacturonic acid.

٣- زيادة فى الأحماض الأمينية، مثل الأسبارتك، والجلوتامك، والمثيونين.

٤- انخفاض فى مستوى الأحماض العضوية، مثل الماليك والفيوماريك، مع تراكم لحامض الستريك (Oms-Oliu ٢٠١١).

هذا.. ولم يحدث تغير يُذكر فى محتوى ثمار الطماطم من حامض الأسكوربيك خلال مختلف مراحل نضجها من الأخضر حتى الأحمر التام. أما الكاروتين فقد ازداد محتواه فى الثمار من طور التحول حتى مرحلة النضج الوردى، ثم انخفض بعد ذلك. وبالمقارنة.. ازداد محتوى الليكوبين مع تقدم الثمار فى النضج خلال جميع المراحل (Cano وآخرون ٢٠٠٣).

الممارسات الإدارية الجيدة BMP فى محطات التعبئة

إن الممارسات الإدارية الجيدة best management practices للطماطم فى عمليات محطات التعبئة والتداول بعد الحصاد تشمل ما يلى:

١- المتطلبات العامة بالمحطة وطريقة تشغيلها:

يجب أن تُراعى فيها جميع الشروط المتعلقة بالتعبئة والتخزين المؤقت، وذلك فيما يتعلق بالأرضيات والمعدات وإجراءات النظافة، مع تطبيق كل إجراءات التشغيل القياسية standard operation procedures (اختصارًا SOPs). التى تعتمد على الـ HACCP، مع تطبيق الـ HACCP عند اكتمال الإعداد لها.

٢- الماء المستعمل فى محطة التعبئة وبعد الحصاد.. يجب أن يُراعى بشأنه ما يلى:

أ- تُعد جودة نوعية الماء المستخدم فى غسيل الثمار أمرًا أصيلاً.

ب- تُراجع جودة المياه المستخدمة فى تفريغ المحصول (فى الـ dump tank) وفى مسيل الماء flume، وفى التنظيف والتدريج والتبريد بصورة دورية.

ج- يجب أن تكون المياه ذات جودة عالية فى جميع مراحل التعبئة.

د- لا يُستخدم أى ماء سطحى (كمياه الترع والأنهار) غير المعامل فى أى عمليات تداول بعد الحصاد.

هـ- المحافظة على حرارة الماء المستخدم فى مختلف العمليات أعلى بمقدار ٦ درجات مئوية عن حرارة لب الثمار حتى لا يحدث تلوث داخلى بالثمار جراء اندفاع الماء بداخلها.

٣- التخلص من الثمار المضارة والمجروحة:

يجب اتخاذ كافة الاحتياطات للتخلص من الثمار المضارة والمجروحة لتقليل التلوث الميكروبى. ولا يجب أن تزيد نسبة الثمار التى توجد بها أضرار خطيرة عن ٥٪، ولا تلك التى تكون طرية أو بها إصابات عن ١٪.

٤- المعدات.. يجب أن يُراعى بشأنها ما يلى:

أ- ضرورة نظافة جميع الأسطح والمعدات التى تلامس المحصول.

ب- ضرورة تطهير تلك الأسطح كذلك.

ج- ضرورة إجراء عمليات التنظيف والتطهير بصورة روتينية مع توثيقها كتابة.

د- المحافظة على المعدات وكل الأسطح بحالة تحقق الحد من تلوث الثمار وتجريحها.

٥- التطهير:

يجب استعمال المطهرات المصرح بها فى تطهير الأسطح والمعدات بمحطة التعبئة.

٦- العاملين:

يجب فحص وتدريب العاملين بمحطة التعبئة، والتزامهم بإجراءات غسيل الأيدى وتطهيرها.

٧- تطهير الطماطم والكلورة والإجراءات الأخرى المعتمدة.. يجب أن يُراعى بشأنها ما يلى:

أ- يجب أن تؤدى المطهرات وطرق التطهير المعتمدة إلى خفض التلوث الميكروبى لأدنى حد.

ب- يُستخدم الكلورين فى الـ dump tank (الحوض الذى تُلقى فيه الثمار التى تصل من الحقل) بتركيز لا يقل عن ١٥٠ جزءًا فى المليون، مع pH: ٦,٥-٧,٥، وأن تزيد حرارة الماء عن حرارة لب الثمار بمقدار ٦ درجات مئوية، وألاّ تزيد مدة الغمر فى الماء عن دقيقتين، وينطبق الأمر ذاته على ماء المسيل flume water.

ج- ضرورة مراقبة تركيز الكلورين وحرارة و pH الماء عند البداية ثم كل ساعة، مع تسجيل البيانات كتابة، وبيان نوع الأجهزة المستخدمة فى القياس.

٨- أماكن تنظيف الأيدى:

أ- تخضع تلك الأماكن لشروط خاصة تحددها جهة الاعتماد.

ب- ضرورة غسيل جميع العاملين لأياديهم بعد استعمالهم لدورات المياه.

ج- ضرورة بقاء أماكن تنظيف الأيادى نظيفة ومعقمة على الدوام.

٩- دورات المياه وأماكن التطهير:

تجب المحافظة على تلك الأماكن نظيفة ومعاملة بالمطهرات طول الوقت.

١٠- استبعاد الحيوانات:

لا يُسمح بتواجد حيوانات مستأنسة أو غيرها من الحيوانات فى محيط تداول وتعبئة الطماطم.

١١- مكافحة الآفات:

ضرورة المكافحة الدائمة للحشرات والقوارض والطيور وتسجيل ذلك كتابة.

١٢- أماكن التخزين والإنضاج:

أ- من الضرورى تخزين المنتج بطريقة تمنع تلوثه.

ب- ضرورة تطبيق نظام لمنع التلوث، مع إجراءات خاصة لتنظيف وتطهير المبردات وأماكن التخزين.

١٣- استخدام الكيماويات فى محطات التعبئة:

أ- لا تستخدم سوى الكيماويات المعتمدة لأى غرض كان، ويشمل ذلك المطهرات والمبيدات وشموع التغليف وغيرها.

ب- ضرورة تخزين الكيماويات بطريقة آمنة تمنع تلوث المنتج بها.

١٤- النقل:

أ- تُفحص جميع وسائل النقل للتأكد من نظافتها وخلوها من الأتربة والبقايا قبل تحميلها بالمنتج.

ب- إذا كان هناك أى شك فى نوعية الحمولات السابقة لوسيلة النقل يلزم الاستفسار من الشركة المالكة لها لمنع التلوث.

ج- التأكيد على ضرورة محافظة الناقلين للمحصول على سجلات بلوطات المنتجات التى يتم نقلها.

١٥- الاحتفاظ بالسجلات:

أ- ضرورة الاحتفاظ بسجلات كاملة لثلاث سنوات كاملة إلاّ إذا حدد القانون مدة أطول من ذلك.

ب- تشمل السجلات ما يلى:

(١) المنتج المعبأ والذى يتم شحنه وتداوله وتخزينه.

(٢) إجراءات التشغيل القياسية Standard Operating Procedure (اختصارًا: SOP) وإجراء تشغيل عمليات التطهير Sanitation القياسية (اختصارًا: SSOP).

(٣) سجلات التطهير ومراقبته لكل من الكلورة والـ pH، وحرارة الماء، وأى طريقة أخرى معتمدة لمنع التلوث.

(٤) سجلات ومراقبة كلاً من:

(أ) استخدامات الماء ومراقبته ميكروبيولوجيا، وذلك بالنسبة لكل من ماء الغسيل وماء الآبار، والماء السطحى.

(ب) معايرة أى جهاز لمراقبة الكلورين آليًّا.

(ج) معايرة أجهزة قياس الـ pH، والترمومترات، وأى وسيلة لمراقبة الميكروبات... إلخ.

(٥) سجلات النظافة العامة ومنع التلوث (التصحاح sanitation).

(٦) سجلات نظافة المكان، والمعدات، وأماكن غسيل الأيدى، ودورات المياه.

١٦- التدقيق Audits، والتساوى أو التكافؤ Equivalency:

أ- يشمل التدقيق فى الحقل والصوبة كلاً مما يلى: استعمالات الكيماويات، واستعمالات الأسمدة ونوعياتها، ونوعية المياه واستعمالاتها، واستعمالات المبيدات المقاومة، وأمان وسبل المحافظة على صحة العاملين وأماكن غسيل الأيدى والتطهير، وممارسات الحصاد، وتقصى مصادر المحصول ليسهل التعرف على منشأة، وتدريب العاملين على إجراءات أمان المحصول ومنع تلوثه، والـ SOP المستخدمة فى نظافة وتطهير المعدات.

ب- يشمل التدقيق فى محطة التعبئة ممارسات التصنيع الجيدة Good Manufacturing Practices (اختصارًا: GMP) المتبعة، وسجلات أمان الغذاء، وأى اختبارات ميكروبيولوجية ومراقبتها، والـ SOP، وسجلات تدريب العاملين وأمانهم الصحى، وإجراءات التطهير، ومكافحة الآفات.

١٧- بطاقات تعريف المنتج وعبواته:

أ- يُمنع إعادة استخدام العبوات التى سبق استعمالها.

ب- يكون العنوان المسجل على العبوة هو عنوان محطة التعبئة أو المنتج.

ج- تحديد لوط المحصول.

د- تحديد لوط العبوات نسبة لكل من لوط المحصول واسم المنتج ومحطة التعبئة.

١٨- إعادة تعبئة الطماطم:

أ- الطماطم التى يُعاد تعبئتها يجب ألاّ تخلط مع طماطم لمنتجين آخرين.

ب- يجب إعادة تعبئة الطماطم السائبة (bulk أو loose) فى عبوات مطهرة، أو فى عبوات جديدة تحمل التعريف المناسب لها.

ج- يمكن إعادة تعبئة عبوات المستهلك فى نفس العبوات أو فى عبوات جديدة.

١٩- إجراءات تتبع المنتج traceback:

يجب أن تتوفر القدرة للمنتجين، ومحطات التعبئة، والقائمين بإعادة التعبئة، والموزعين، وكل من يتداول المحصول على تعريف وتتبع المنتج بداية من مكان إنتاجه حتى مكان بيعه للمستهلك.

٢٠- الشفافية tranceparency:

على جميع المنتجين، ومحطات التعبئة، والقائمين بإعادة التعبئة الاحتفاظ بسجلات واضحة بإجراءات التشغيل حتى تتوفر الشفافية فى توثيق إجراءات التداول.

٢١- البيع للمستهلك:

أ- يجب ألا تعرض الطماطم للبيع إلاّ إذا كانت من مصادر معتمدة.

ب- اعتمادًا على تلك الشهادات المعتمدة لا تحتاج محلات البيع للمستهلك لأى عمليات فحص إضافية.

ج- تُعرض الطماطم للبيع للمستهلك بأقل قدر من عمليات التداول لتجنب الإضرار بها وتلوثها.

د- لا يجب خلط الطماطم المعروضة للبيع إن كانت من منتجين مختلفين ليمكن تعريفها بسهولة من سلسلة الغذاء food chain.

هـ- يجب تنظيف وحدات العرض يوميًّا.

و- مراقبة أماكن العرض للتخلص عن أى ثمار مصابة أو مضارة.

هذا.. وتوجد شروط وإجراءات أخرى تتعلق بكل من أماكن خدمات الغذاء Food Service (للطماطم المستعملة فى المأكولات المقدمة)، وتصنيع الغذاء Food Processing (للطماطم التى تجهز للمستهلك).

وفيما يتعلق بالتطهير السطحى للثمار.. أدت معاملة ثمار الطماطم والفلفل وقرون الفاصوليا بالـ alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride (اختصارًا: ADBAC) بتركيز ١٠٠ أو ١٠٠٠ جزء فى المليون إلى خفض الأعداد السطحية من كل من نوعى البكتيريا *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*، و *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* بنسبة حوالى ٥٠٪. وبذا.. فإن الـ ADBAC يمكن استعماله كمطهر سطحى آمن (Tubajika ٢٠٠٩).

الفصل الثامن

تحديات التصدير ووسائل التغلب عليها

ثانيًا: معاملات ما بعد الحصاد للمحافظة على الجودة وإطالة أمدها

يتطلب وصول المنتج للمستهلك بصورة جيدة المحافظة على جودة المنتَج خلال جميع مراحل التخزين والشحن والتصدير حتى العرض على المستهلك فى محلات البيع، وذلك هو موضوع هذا الفصل.

معاملات خاصة تعطاها الطماطم قبل التخزين أو أثناءه

تُعطى ثمار الطماطم معاملات خاصة قبل تخزينها أو أثناءه، وذلك بهدف إما إطالة فترة تخزينها، وإما إبطاء تدهورها، وإما الحد من إصابتها بأمراض ما بعد الحصاد، وإما لكل هذه الأهداف مجتمعة. وبينما تطبق بعض هذه المعاملات على النطاق التجارى، فإن غالبيتها ما زالت فى مرحلة النطاق البحثى.

ومن بين هذه المعاملات، ما يلى:

المعاملة بالبلازما البارد

وُجد أن تعريض ثمار الطماطم الشيرى لمعاملة البلازما plasma البارد المنشَّط بالميكرويف (والـ plasma غاز مؤيَّن يحتوى على أعداد متساوية تقريبًا من الأيونات والأكترونات الموجبة) باستعمال هليوم أو مخلوط غازى من الهليون والأكسجين لمدة ٩ دقائق على ٨٢٧ واط من قوة توليد البلازما.. وجد أنها أدت إلى تحسين الأمان الميكروبيولوجى للثمار ضد السلامونيلا *Salmonella* دون التأثير على خصائص الثمار البيولوجية (Kim & Min ٢٠١٧).

التعريض لحرارة مرتفعة نسبياً قبل التخزين

يؤدى تعريض ثمار الطماطم لحرارة مرتفعة نسبيًّا إلى زيادة قدرتها على الاحتفاظ بجودتها أثناء التخزين البارد، وتقليل حساسيتها للإصابة بأضرار البرودة، وتتشابه

الطماطم فى هذا الأمر مع كثير من المحاصيل البستانية الأخرى الحساسة للبرودة. وتجرى هذه المعاملة — فى مختلف الثمار الحساسة للبرودة — إما بإبقاء الثمار فى هواء دافئ تتراوح حرارته بين ٣٨ ْم و ٤٦ ْم لمدة طويلة نسبيًّا تتراوح بين ١٢ ساعة و٤ أيام، وإما بغمرها فى الماء الحار الذى تتراوح حرارته بين ٤٥ ْم و ٦٠ ْم لفترة قصيرة لا تتجاوز ساعة واحدة. وتعد كلتا المعاملتان مؤثرتين فى خفض حساسية الطماطم لأضرار البرودة لدى تخزينها — بعد المعاملة الحرارية — على ٢ ْم، سواء أكانت خضراء مكتملة التكوين، أم فى درجات أكثر تقدمًا من التلوين (McDonald وآخرون ١٩٩٨).

المعاملة بالهواء الدافئ

وجد Lurie & Klein (١٩٩١) أن بقاء ثمار الطماطم لمدة ٣ أيام فى حرارة ٣٦ ْم إلى ٤٠ ْم قبل تعريضها لحرارة ٢ ْم — لمدة ٣ أسابيع— منع إصابتها بأضرار البرودة، وقد أكملت هذه الثمار نضجها بصورة طبيعية، ولكن بمعدل أبطأ من ثمار الكنترول. كذلك انخفضت الإصابة بالأعفان فى ثمار الطماطم التى تلقت المعاملة الحرارية القصيرة.

وتجدر الإشارة إلى أن إبقاء ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين أو الوردية اللون فى حرارة ٣٨ ْم لمدة ثلاثة أيام منع — تمامًا — إصابتها بالعفن الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea* (Fallik وآخرون ١٩٩٣).

وأدت معاملة ثمار الطماطم – وهى فى مرحلة التحول – بالهواء الساخن على ٣٨ ْم لمدة ٤٨ ساعة، أو للغمر فى الماء لمدة ٣٠ دقيقة على حرارة ٤٠ ْم أو لمدة دقيقتين على ٤٦، أو ٤٨، أو ٥٠ ْم قبل تخزينها على ٢ ْم إلى خفض إصابتها بأضرار البرودة وخفض إصابتها بالأعفان لمدة ثلاثة أسابيع، بينما تعرضت الثمار التى لم تعامل بالحرارة لأضرار البرودة على ٢ ْم (Lurie وآخرون ١٩٩٧).

وقد تنتج عن تدفئة ثمار الطماطم فى الهواء إلى ٣٤ ْم لمدة ٢٤ ساعة قبل تخزينها على ١٠ ْم لمدة ٣٠ يومًا أقل فقد فى محتواها من مضادات الأكسدة وأقل تغير فى تطور التلوين المناسب. ولم يكن لخفض تركيز الأكسجين إلى ٥٪ أثناء المعاملة الحرارية فائدة

فى زيادة كفاءة المعاملة فى تقليل أضرار البرودة (على ٤°م)، أو حماية الثمار من الآثار السلبية للمعاملة الحرارية (Soto-Zamora وآخرون ٢٠٠٥).

وأدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بعد الحصاد بالهواء الساخن على ٣٨°م لمدة ١٢ ساعة — وأعقبها التخزين على ٢°م لمدة ٢١ يومًا — إلى تقليل أعراض البرودة وزيادة تراكم الأمينات المتعددة polyamines، وخاصة البوترسين putrescine والبرولين proline، مع هدم للأرجنين، وتوافق ذلك مع زيادة فى نشاط عدة إنزيمات هى: الـ arginase، والـ arginine decarboxylase، والـ ornithine carboxylase، والـ ornithine aminotransferase، إلاّ أن المعاملة بالهواء الساخن لم يكن لها تأثير يُذكر على نشاط الإنزيم nitric oxide synthase، وتركيز الـ nitric oxide (Zhang وآخرون ٢٠١٣).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم الشيرى بعد الحصاد معاملة مشتركة بكل من الهواء الحار (٣٨°م لمدة ١٢ ساعة)، وبالبكتيريا *Cryptococcus laurentii* إلى كل من الوقاية من العفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea* ومكافحته فى كل من طورى النضج الأخضر والوردى. وقد أخَّرت معاملة الهواء الساخن من طراوة الثمار، وزادت من أعداد البكتيريا *C. laurentii* فى الجروح الثمرية، وأدت المعاملة المشتركة إلى زيادة نشاط الإنزيمات: peroxidase، و phenylalanine ammonia-lyase، و chitinase، و β-1,3-glucanase (Wei وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة بالماء الساخن

أفاد نقع الثمار فى ماء ساخن تبلغ حرارته ٤٠°م — بدون المعاملة بالمبيدات — فى تقليل الإصابة بالأعفان، ولكن إضافة المبيدات الفطرية إلى الماء الذى تنقع فيه الثمار يزيد كفاءة المعاملة فى تقليل الأعفان.

وقد وجد McDonald وآخرون (١٩٩٦) أن غمر ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين فى الماء فى حرارة ٤٢°م لمدة ٦٠ دقيقة، أو فى الهواء فى حرارة ٣٨°م لمدة ٤٨

ساعة، ثم تخزينها فى حرارة ٢°م، أو ١٣°م، قبل نقلها إلى حرارة ٢٠°م.. هذه الثمار أكملت نضجها بصورة طبيعية، بينما تعفنت ثمار الكنترول التى لم تُعط أى من المعاملتين الحراريتين قبل أن تكتسب اللون الأحمر، علمًا بأن المعاملة الحرارية لم يكن لها أى تأثير على اللون النهائى للثمار، أو على محتواها من الليكوبين، أو صفات الجودة الداخلية بها سواء أكان تخزينها – بعد ذلك – فى حرارة ٢°م أم ١٣°م.

وأمكن تخزين الطماطم – وهى فى مرحلة النضج الوردى – لأكثر من ثلاثة أسابيع على ٥°م دون أن تتعرض للإصابة بأضرار البرودة، وذلك بسبق معاملتها بالماء الساخن مع التفريش لمدة ١٥ ثانية على ٥٢°م، علمًا بأن هذه المعاملة وفرت حماية للثمار من الإصابة بفطر البوتريتس فى حالة ما إذا كان متواجدًا بالفعل على سطح الثمار أو حقنت به بعد ٢٤ ساعة من المعاملة (Fallik وآخرون ٢٠٠٢).

وأدى غمر ثمار الطماطم (صنف Micro-Tom) – وهى فى مرحلة اكتمال التكوين الأخضر – فى ماء حرارته ٤٠°م لمدة ٧ دقائق إلى خفض إصابتها بأضرار البرودة لدى تخزينها على ٢,٥°م لمدة ١٤ يومًا ثم على ٢٠°م لمدة ٧–١٤ يومًا. وتمثل انخفاض الأضرار فى تقدم نضج الثمار وانخفاض معدل التسرب الأيونى منها (Luengwilai وآخرون ٢٠١٢).

إن معاملة ثمار الطماطم بالماء الساخن تؤدى إلى تقليل أعراض أضرار البرودة التى تظهر عليها عند تخزينها فى حرارة منخفضة بسبب محافظة المعاملة على سلامة الجدر الخلوية والأغشية البلازمية، ثم إلى استعادة تمثيل الإثيلين فيها (Cruz-Mendivil وآخرون ٢٠١٥).

ويذكر أن شد البرودة (٥°م لمدة خمسة أيام) يمكن أن يُحدث شدًّا تأكسديًّا، حتى فى غياب أعراض أضرار البرودة سطحيًّا، بينما تُحفِّز المعاملة بالحرارة (الغمر فى الماء الساخن على ٥٢°م لمدة ١٥ دقيقة، ثم التبريد إلى ٢٥°م بماء الصنبور) نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وهى التى وفرت حماية للثمار من الشد البيئى (Iwahori وآخرون ٢٠١٦).

التعريض للدفء بصورة متقطعة أثناء التخزين

وجد Artés & Escriche (١٩٩٤) أن غمر ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين أو التى وصلت إلى طور بداية التلوين فى محلول من الإبروديون iprodione بتركيز ٠,٥ جم/لتر، ثم تخزينها على ٩ْم لمدة ٤ أسابيع مع نقلها إلى حرارة ٢٠ْم لمدة يوم واحد أسبوعيًّا خلال تلك الفترة — وهو ما يعرف باسم التدفئة المتقطعة intermittent warming — منع حدوث أى تحلل بالثمار أو ظهور أى أعراض للبرودة عليها، وأدى إلى تحسين لون الثمار الخارجى، مقارنة بالتخزين المستمر فى حرارة ٩ْم. وعلى الرغم من أن تلك المعاملة صاحبتها زيادة فى سرعة فقد الثمار لصلابتها، إلا أنها أخرت انكماشها، وأعطت أقل فاقد فى الثمار سواء أكان ذلك عند نهاية فترة التخزين، أم خلال فترة الإنضاج فى حرارة ٢٠ْم لمدة ٤ أيام بعد انتهاء التخزين، وذلك مقارنة بالتخزين فى حرارة ٦ْم أو ١٢ْم سواء أكان مصاحبًا بتدفئة متقطعة لمدة يوم واحد أسبوعيًّا، أم لم يكن مصاحبًا بها.

كذلك أدت تدفئة ثمار الطماطم المخزنة على ٢ْم لمدة ٣٦ ساعة على ٢٤ْم فى نهاية كل أسبوع من التخزين البارد (الذى استمر حتى أربعة أسابيع قبل إنضاج الثمار على ٢٤ ْم لمدة ستة أيام).. أدت معاملة التدفئة تلك إلى انخفاض تعرض الثمار للإصابة بأضرار البرودة، مع سرعة اكتسابها للون الأحمر، ونقص حموضتها المعايرة، وكذلك نقص التسرب الأيونى منها، مع منع تكوين النقر السطحية عليها لمدة ثلاثة أسابيع، ولكن ازداد فيها النقص فى الوزن بين الأسبوعين الثانى والرابع (Hakim وآخرون ١٩٩٧).

وأدت تدفئة ثمار الطماطم لمدة ٩٦ ساعة بعد ١٠ أيام من تخزيها على ٥ْم مع ٩٠٪ — ٩٥٪ رطوبة نسبية، ثم إعادتها إلى التخزين البارد حتى اكتمال تخزينها لمدة ٢٨ يومًا.. أدى ذلك إلى عدم ظهور أى أعراض لأضرار البرودة عليها، بينما كانت أعراض البرودة التى ظهرت على الثمار أقل جوهريًّا عندما كانت تدفئتها لمدة ٧٢ ساعة، مقارنة بالتدفئة لمدة ٢٤ أو ٤٨ ساعة (Kluge وآخرون ١٩٩٨).

وأدى تعريض ثمار الطماطم المخزنة على ٩ ْم لمدة ٢٨ يومًا لحرارة ٢٠ ْم لمدة يوم واحد أسبوعيًّا خلال فترة التخزين البارد إلى احتفاظها بجودتها بصورة أفضل عن الثمار التى استمرت فى الحرارة المنخفضة؛ حيث كان لونها الخارجى أحسن، وطعمها أفضل، وصلابتها أعلى، والتنقير السطحى بها أقل. وبالمقارنة.. أدى تعريض الثمار المخزنة على ١٢ ْم لمدة ٢٨ يومًا لحرارة ٢ ْم لمدة يوم واحد أسبوعيًّا خلال فترة التخزين على ١٢ ْم إلى جعلها أفضل لونًا وطعمًا عما فى الثمار التى استمر تخزينها على ١٢ ْم، لكن ازداد فيها التحلل والتنقير السطحى بعد دورة التبريد الثانية (Artés وآخرون ١٩٩٨).

كما أدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لثلاث دورات من الحرارة المتقطعة حتى ٢٠ ْم لمدة ٢٤ ساعة كل سبعة أيام إلى خفض أضرار البرودة والتحللات فى ثمار الطماطم المخزنة على ٢,٥ أو ٦ ْم لمدة ٢٧ يومًا. هذا.. إلا أن مدى كفاءة معاملة الحرارة المتقطعة تباين بين الأصناف ومناطق الإنتاج (Biswas وآخرون ٢٠١٢).

المعاملة بالماء المعدنى

تُعد الطماطم التى تُحصد فى عناقيد bunch tomatoes حساسة لانفصال الثمار وجفاف كأس الثمرة؛ الأمر الذى يحد من صلاحيتها للتسويق. وقد وُجد أن معاملة العناقيد بالماء المعدنى يؤخر انفصال الثمار وجفاف الكأس، ويُحسِّن من مظهر الكأس أثناء التخزين (Aktas وآخرون ٢٠١٢).

معاملة ندبة عنق الثمرة بالشيتوسان

أدت معاملة مكان اتصال العنق بالثمرة بالشيتوسان chitosan بتركيز ١٠ جم/لتر إلى تثبيط نمو الفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود؛ بزيادتها للمقاومة الطبيعية للثمار، وذلك عند حفظ الثمار على ٢٠ ْم لمدة ٢٨ يومًا (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

تغليف الثمار بأغشية مأكولة

تُغلف الثمار بأغشية مأكولة رقيقة من زيين الذرة corn-zein – على سبيل المثال – وهى فى طور التحول أو طور النضج الوردى عند حفظها على ٢١ ْم. تؤدى هذه

المعاملة إلى تأخير تلون الثمار، وتقليل فقدها لوزنها وصلابتها، وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين بمقدار ٦ أيام (Park وآخرون ١٩٩٤).

وقد أدى غمر ثمار الطماطم وهى فى مرحلة بداية التلوين breaker stage فى محلول مائى من الصمغ العربى gum arabic — لأجل إحاطتها بغشاء رقيق مأكول من الصمغ — وذلك قبل تخزينها على ٢٠ْم، و ٨٠٪ – ٩٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٢٠ يومًا.. أدى ذلك إلى تأخير اكتمال نضجها واستمرار صلاحيتها للتخزين دون أن يحدث بها تلف ودون أن يتغير مذاقها (Ali وآخرون ٢٠١٠).

كما وجد أن تغليف ثمار الطماطم بغشاء من الصمغ العربى gum arabic يؤخر عمليات نضجها، ويحافظ على محتواها من مضادات الأكسدة. وفى دراسة غُلِّفت فيها الثمار الخضراء المكتملة التكوين بغشاء من الصمغ العربى بتركيز ٥٪، و١٠٪، و١٥٪، و٢٠٪، ثم خزنت على ٢٠ْم و٨٠٪–٩٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٢٠ يومًا، وجد أن تركيز ١٠٪ أسهم فى تأخير عمليات النضج، وأبطأ معدل التنفس وإنتاج الإثيلين، وحافظ على محتوى الثمار من مضادات الأكسدة والليكوبين والفينولات الكلية والكاروتينات الكلية أثناء التخزين، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول وتلك التى عُوملت بتركيز ٥٪ فقط (Ali وآخرون ٢٠١٣).

وقد أدى تغليف ثمار الطماطم الشيرى — المعدية بالفطر *A. alternata*، أو *B. cinerea* بمخلوط أساسه الـ hydroxypropyl methylcellulase، المضاف إليه شمع النحل بنسبة ٢٪، وكذلك أى من المواد الحافظة: sodium methyl paraben، أو sodium ethyl paraben، أو بنزوات الصوديوم sodium benzoate، ثم تخزينها على ٥ْم لمدة ١٥ أو ٢١ يومًا، ثم على ٢٠ْم لمدة أربعة أو سبعة أيام.. أدى ذلك إلى خفض معدل وشدة الإصابة بعفن الثمار الألترنارى والعفن الرمادى، وكانت بنزوات الصوديوم أكثر المواد الحافظة تأثيرًا، وهى التى كانت — كذلك — أكثر تأثيرًا فى تقليل الفقد فى الوزن ومعدل التنفس، مع المحافظة على صلابة الثمار. وقد تفيد تلك المعاملة مع المنتَج التجارى العضوى من الطماطم الشيرى (Fagundes وآخرون ٢٠١٤، و ٢٠١٥).

هذا.. وينتشر الفطر *Rhizopus stolonifer* سريعًا من ثمار الطماطم المصابة إلى الثمار المجاورة لها أثناء التخزين، بينما قد تُشكل *Escherichia coli* مشاكل صحية خطيرة أو حتى الموت للإنسان. وقد وجد أن استعمال أغطية coatings للثمار من مواد أساسها الشيتوسان chitosan بتركيز ١٪ + شمع العسل (٠,١٪) + زيت الليمون الأساسى (٠,١٪) يُفيد فى منع نمو *R. stolonifer*، والسلالة DH50c من *E. coli*. كذلك منعت المعاملة بالشيتوسان (١٪) + حامض الأوليك (١٪) + زيت الليمون الأساسى (٠,١٪) نمو *R. stolonifer*، بينما منعت المعاملة بالشيتوسان (١٪) + شمع العسل (٠,١٪) + زيت الزعتر الأساسى (١٪) نمو السلالة DH50c من *E. coli*. وبينما تعمل أغلفة الشيتوسان على تجنب فقد الرطوبة والتلف الميكروبى، فإن الشموع والزيوت الأساسية قد تعمل كمضادات ميكروبية فى أغلفة الشيتوسان (Ramos-Garcia وآخرون ٢٠١٢).

المعاملة بالإثيلين

أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالإثيلين قبل التخزين إلى منع إصابتها بأضرار البرودة لمدة خمسة أيام على ٢,٥ °م، كما أدت إلى زيادة فترة صلاحيتها للتسويق سواء أكان تخزينها فى حرارة ٢,٥ °م أم أعلى من ذلك. هذا إلا أن الطماطم أصبحت أقل استجابة لمعاملة الإثيلين بزيادة فترة تخزينها سواء أكان ذلك على ٢,٥ أم على ١٢,٥ °م. وعليه فإنه يوصى بمعاملة الثمار الخضراء المكتملة التكوين بالإثيلين قبل تخزينها أو شحنها؛ لأن ذلك يفيد فى زيادة سرعة تلونها مع تجانس التلوين، وانخفاض احتمالات إصابتها بأضرار البرودة (Chomchalow وآخرون ٢٠٠٢).

يكون إسراع نضج وتلوين ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بمعاملتها بالإثيلين بتركيز ١٠٠ — ١٥٠ جزء فى المليون لمدة ٢٤ –٤٨ ساعة على حرارة ٢١–٢٤ °م، و٩٠٪ رطوبة نسبية، ولكن الثمار التى تكون قد وصلت لمرحلة بداية التلوين breaker stage لا تستفيد من تلك المعاملة (Boyette وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بالـ 1-MCP

أدت معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالمركب المانع القوى لفعل الإثيلين 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) إلى تأخير تلوين الثمار، وطراوتها، وإنتاجها للإثيلين، كما حدث الأمر ذاته عندما عوملت الثمار وهى فى طور التحول أو اللون البرتقالى. كذلك قللت المعاملة من الـ mRNA الخاص بثلاث إنزيمات ذات علاقة بالنضج — عندما كانت المعاملة فى أى مرحلة من النضج — وهى:

Phytoene synthase 1

Expansin 1

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) oxidase 1

ويستفاد مما تقدم أن عملية نضج ثمار الطماطم يمكن تثبيطها على المستويين الفسيولوجى والجزيئى حتى ولو كانت الثمار فى مرحلة متقدمة من النضج (Hoeberichts وآخرون ٢٠٠٢، Wills & Ku ٢٠٠٢، و Mir وآخرون ٢٠٠٤، و Choi وآخرون ٢٠٠٨، و ٢٠٠٩، و Cliff وآخرون ٢٠٠٩).

واحتفظت ثمار الطماطم التى كان حصادها فى بداية التلوين، وعوملت بالـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP)، وخزنت على ١٣ ْم .. احتفظت بجودتها كتلك التى كان حصادها وهى خضراء مكتملة التكوين. وعمومًا.. أدت المعاملة بالـ 1-MCP إلى زيادة قدرة الثمار التخزينية لمدة وصلت إلى ستة أيام حسب مرحلة اكتمال التكوين أو النضج عند الحصاد، وحرارة التخزين، علمًا بأن الثمار التى كان حصادها وهى فى مرحلة بداية التلوين كانت أعلى محتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن تلك التى كان حصادها وهى خضراء مكتملة التكوين، وأن الثمار التى خُزِّنت على ١٨ ْم كانت أفضل فى لونها الداخلى وفى نسبة المواد الصلبة الذائبة/الحموضة المعايرة، مقارنة بما فى تلك التى خُزنت على ١٣ ْم (Baldwin وآخرون ٢٠١١).

وتؤدى معاملة ثمار الطماطم بالـ 1-methylcyclopropene بتركيز ١٠٠٠ نانوليتر/لتر إلى تأخير نضج الثمار الخضراء المكتملة التكوين وإمكان تخزينها لمدة ٣٥

يومًا دون حدوث أى نقص جوهرى فى صفات الجودة مثل اللون ونسبة محتوى المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة المعايرة. هذا.. وكانت المعاملة بالتركيزات الأقل أو المعاملة فى مرحلة النضج الوردى أقل فاعلية، ولكن التركيزات الأقل خفَّضت – قليلاً – من الفقد فى صفات الجودة، مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول غير المعاملة (Sabir & Agar ٢٠١١).

وقد أفادت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالـ 1-MCP – وهى فى مرحلتى اكتمال التكوين الأخضر أو النضج الوردى – بتركيز ٠,٦ ميكروليتر/لتر لمدة ١٢ ساعة أو ١,٠ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات إلى إحداث خفض جوهرى فى إصابتها بفطريات الأعفان *Alternaria alternata*، و *Botrytis cinerea*، و *Fusarium* spp.، وذلك عند تخزينها لمدة ٣١–٤٢ يومًا (Su & Gubler ٢٠١٢).

وتُحدث المعاملة بالـ 1-MCP لمدة ساعة تحت تفريغ (hypobaric) بتركيز ١,٤ ميكوليتر/لتر تثبيطًا حادًّا فى نضج الثمار؛ بسبب التقدم السريع للمركب فى الأنسجة الداخلية وتراكمه فيها (Dong وآخرون ٢٠١٣).

ويُذكر أن معاملة الثمار وهى فى طور التحول بالـ 1-MCP بتركيز ٢ ميكروليتر/لتر أدى إلى تثبيط كلٍ من إنتاج الإثيلين وتطور التلوين وفقد الصلابة (Tiecher وآخرون ٢٠١٣).

كذلك أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالـ 1-octylcyclopropene (اختصارًا: 1-OCP) – وهو نظير بنائى للـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) بمعدل ١,٢ ميكروليتر/لتر قبل بدء فعل الإثيلين إلى تأخير الوصول إلى قمة إنتاج الإثيلين، وقمة معدل التنفس، وتأخير فقد الثمار لصلابتها، وتأخير تغيرات اللون، وتثبيط زيادات المواد الصلبة الذائبة ونقص الحموضة المعايرة، وتثبيط نشاط الجينين LeETR 1، و LeETR 4، والإنزيمات التى تُشارك فى تمثيل الإثيلين (Xu وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة بالـ AVG

أدى تشريب ثمار الطماطم التى فى مرحلة بداية التلوين breaker stage من النضج بالمركب aminoethoxyvinylglycine (اختصارًا: AVG) تحت تفريغ إلى

تأخير وصولها إلى مرحلة اكتمال النضج، وزيادة فترة قدرتها التخزينية من ١٠ أيام على ١٢ ْم + يومين على ٢٠ ْم إلى ٢٠ يومًا على ٢٠ ْم + يومين على ٢٠ ْم (Candir وآخرون ٢٠١٧).

المعاملة بالمثيل جاسمونيت

يلعب المثيل جاسمونيت methyl jasmonate — الذى يُشتق من الهرمون النباتى حامض الجاسمونك jasmonic acid — دورًا حاسمًا فى حث المقاومة ضد الفطريات. ولقد وجد أن معاملة ثمار الطماطم — بعد الحصاد — بالمثيل جاسمونيت خفضت من أعراض الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى عندما أجريت المعاملة بعد يوم واحد من حقن الثمار بالفطر، وتناقص تأثير المعاملة كثيرًا بتأخير إجرائها بعد الحقن حتى اختفى تأثيرها تمامًا عندما كان إجراؤها بعد ٩ أيام من الحقن. كذلك حدث تنشيط فى تمثل الإثيلين استجابة للمعاملة بالمثيل جاسمونيت فى الثمار الخضراء بعد يوم واحد من المعاملة (Yu وآخرون ٢٠٠٩).

وقد أدت معاملة ثمار الطماطم أثناء التخزين بالميثيل جاسمونيت MeJA بتركيز ١٠ مللى مول إلى تثبيط الزيادة فى قطر بقع العفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*. وقد أُرجع ذلك إلى حدوث تراكم لفوق أكسيد الأيدروجين، مع حدوث زيادة فى التعبير الجينى للـ Cu-Zn superoxide dismutase، وانخفاض فى مستوى تشفير الكاتاليز خلال المراحل المبكرة للتخزين. هذا إلاّ أن معاملة المثيل جاسمونيت حفَّزت التعبير الجينى لكل من الكاتاليز والبيروكسيديز، وزادت من محتوى حامض الأسكوربيك والجلوتاثيون؛ الأمر الذى حدَّ من تواجد العناصر النشطة فى الأكسدة ROS، وقلل من أضرار أكسدة البروتين. ويعنى ذلك أن الآليات ذات العلاقة بحث مقاومة الثمار لـ *B. cinerea* ربما تتعلق بتحفيز تفاعلات مضادة للأكسدة. هذا فضلاً عن أن المعاملة بالمثيل جاسمونيت أثرت سلبًا على الأغشية البلازمية لجراثيم الفطر (Zhu & Tian ٢٠١٢).

كذلك أدت معاملة ثمار الطماطم التى فى طور التحول بأبخرة الـ methyl salicylate (اختصارًا: MeSA)، والـ methyl jasmonate (اختصارًا: MeJA) قبل تخزينها فى حرارة منخفضة إلى تخفيف ظهور أعراض البرودة. وبينما لم تؤثر المعاملة بالـ MeJA على نتائج تقييم صفات التذوق، فإن المعاملة بالـ MeSA قللت النقص الذى أحدثته الحرارة المنخفضة فى عدد من المركبات المتطايرة؛ وبذا.. فإنها حسنت من نكهة ثمار الطماطم. هذا.. مع العلم بأن الحرارة المنخفضة — وحدها — تتسبب فى فقد فى صفات التذوق قبل ظهور أعراض أضرار البرودة عليها (Wang وآخرون ٢٠١٥).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد — وهى فى طور النضج الأخضر أو الوردى — بالمثيل جاسمونيت بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات إلى خفض إصابتها بفطريات الأعفان *Alternaria alternata*، و *Botrytis cinerea*، و *Fusarium* spp. أثناء تخزينها لمدة ٣١-٤٢ يومًا بعد ذلك (Su & Gubler ٢٠١٢).

وأدت معاملة ثمار الطماطم الشيرى (صنف Messina) بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ٠,٠٥ مللى مول لمدة ١٢ ساعة على ٢٠ °م إلى انخفاض أضرار البرودة بها عندما خُزِّنت على ٢ °م لمدة ٢١ يومًا، وذلك مقارنة بأضرار البرودة التى ظهرت فى ثمار الكنترول التى لم تُعامل (Zhang وآخرون ٢٠١٢).

وفى دراسة أخرى أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالميثيل جاسمونيت (MeJA) بتركيز ٠,٠٥ مللى مول لمدة ١٢ ساعة إلى تنشيط جينات إنتاج الأرجينيز arginase، وإلى الحد من حساسيتها لأضرار البرودة، وترافق ذلك مع زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: السوبر أكسيد دسميوتيز suoeroxide dismutase، والكاتاليز catalase، والأسكوربيت دسميوتيز ascorbate dismutase، مع تثبيط فى نشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase، وحدوث تراكم فى كل من البرولين ومتعددات الأمين (Zhang وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة ببيكربونات الصوديوم مع الماء الساخن

بينما تؤدى معاملة ثمار الطماطم الشيرى الحمراء الناضجة بالماء الساخن فقط إلى إصابتها بالتشقق، فإن الجمع بين تلك المعاملة والمعاملة ببيكربونات الصوديوم لمدة ١٠ دقائق يقلل من تشقق الثمار ومن متبقيات مبيد الـ procymidone بها، ويزيد من كل من صلابة جلد الثمرة وحموضتها المعايرة، كما يقلل من إصابتها بالعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *B. cinerea* (Shao وآخرون ٢٠١٢).

المعاملة بالأحماض الأمينية

أدت معاملة ثمار الطماطم حديثة الحصاد بـ ٠,٢ مول أرجينين arginine عند ٣٥- كيلو باسكال لمدة نصف دقيقة، ثم تخزينها على ٢ °م لمدة ٢٨ يومًا إلى الحد من إصابتها بأضرار البرودة؛ ربما بسبب أن المعاملة أدت إلى تراكم البوترسين putrescine والبرولين proline وحامض النيتريك nitric acid (الذى أدى بدوره إلى زيادة أكسيد النيتريك) بتنشيطها لمختلف المسارات الأيضية الخاصة بهدم الأرجينين الداخلى، وهى إنزيمات الـ arginase، والـ arginie decarboxylase، والـ ornithine decarboxylase، والـ orinithrne delta aminotransferase (Zhang وآخرون ٢٠١٣).

المعاملة بمتعددات الأمين

أدت معاملة ثمار الطماطم بمتعدد الأمين: spermine بتركيز مللى مول واحد إلى زيادة الوقت اللازم لاكتمال النضج (١٩ يومًا) والصلاحية للتخزين (٤٣ يومًا)، مقارنة بفترات أقل (١١، و٢٦ يومًا لاكتمال النضج والصلاحية للتخزين، على التوالى) فى ثمار الكنترول. وبالمقارنة .. أدت المعاملة بالـ spermidine بتركيز مللى مول واحد إلى اكتمال النضج فى ١٦ يومًا، والصلاحية للتخزين لمدة ٣٨ يومًا، بينما كانت المعاملة بالـ putrescine أضعفها تأثيرًا. وقد حافظت المعاملة التى أعطت أطول فترة صلاحية للتخزين على أعلى نسبة سكر ومواد صلبة ذائبة وحموضة بالثمار طوال فترة التخزين (Bhagwan وآخرون ٢٠٠٠).

الغمر فى محاليل أملاح الكالسيوم

أوضحت الدراسات أن غمر ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لمدة دقيقة واحدة إلى أربع دقائق فى محلول ٢٪ كلوريد كالسيوم قبل تخزينها أحدث زيادة جوهرية فى محتوى جلد الثمرة من الكالسيوم وقلل أعفان بعد الحصاد لمدة ٢٤ يومًا على ٢٠ °م. كما تبين أن عفن ريزوبس Rhizopus rot تأثر بتركيز ٣٪ كلوريد الكالسيوم، بينما تأثر فطر الألترناريا بتركيز ٢٪، و٣٪ (Ritenour & Narciso ٢٠٠٦).

التعريض لأبخرة الكحول الإثيلى

وجد أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء مكتملة التكوين بأبخرة الإيثانول (الكحول الإيثيلى) ثبط نضجها، وأن معاملة الثمار التى فى مرحلة بداية التلوين أو التى فى طور النضج الوردى ثبط احمرارها. وتجرى المعاملة بمعدل ٢–٥ مل من الكحول لكل كيلوجرام واحد من الثمار (Saltveit & Sharaf ١٩٩٢، و Hong & Lee ١٩٩٥ و١٩٩٦).

كذلك أدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بصورة منتظمة لبخار الإيثانول بتركيز ٠٫٠٢٪ أو ٠٫٠٣٪ لمدة أسبوعين إلى تأخير نضج الثمار من خلال تثبيط تمثيل الإثيلين وفعله، ولكن هذا التأثير كان مؤقتًا حيث توقف بزوال المؤثر (أبخرة الإيثانول) واستعادت الثمار نضجها الطبيعى (Atta-Aly وآخرون ١٩٩٩).

التعريض لأبخرة الهكسانال

أدت معاملة ثمار الطماطم المكتملة التكوين الخضراء بعد الحصاد بتيار مستمر من بخار الهكسانال hexanal أثناء تخزينها لمدة ٧ أيام على حرارة ٢٠ ± ١ °م ورطوبة نسبية حوالى ٩٩٪ إلى تثبيط إصابتها بالعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*، وذلك عند حد أدنى من تركيز الهكسانال قدره ٤٠–٧٠ ميكروليتر/لتر. وقد صاحبت المعاملة زيادة فى معدل تنفس الثمار مقدارها حوالى ٥٠٪، ولكن مع بطء فى

احمرارها. هذا بينما لم تُحدث المعاملة أى تغير باتجاه معين فى إنتاج الثمار للإثيلين، كما لم تؤثر فى صلابتها. وقد بدا أن معاملة إطلاق الهكسانال بهذا التركيز المنخفض فى عبوات الثمار يمكن أن يُطيل من أمد تخزينها (Utto وآخرون ٢٠٠٨).

ومن المعروف أن phospholipase D هو إنزيم أساسى فى تدهور الأغشية البلازمية الذى يحدث أثناء نضج الثمار وشيخوختها، وأن الهكسانال hexanal يُعد مثبطًا لهذا الإنزيم. وقد وجد أن غمس ثمار الطماطم بعد الحصاد فى enhanced freshness formulation تحتوى على الهكسانال بتركيز ٢ مللى مول حسَّنت لمعة الثمار، وقللت من اللون الأحمر، وزادت من صلابة الثمار ومحتواها من حامض الأسكوربيك بعد ٢١ يومًا من التخزين، مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول؛ أى أن المعاملة حسَّنت نوعية الثمار وقدرتها على التخزين (Cheema وآخرون ٢٠١٤).

التعريض لأبخرة الأسيتالدهيد

أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بأبخرة الأسيتالدهيد إلى تحسين صفات الجودة المحسوسة متضمنة محتوى السكر، ونسبة السكر إلى الحامض، والتغيرات فى الطعم؛ وبالمقارنة أدت المعاملة بأبخرة الإيثانول إلى نتائج مماثلة ولكن محدودة. أما المعاملة بالإثيلين فقد كانت أكثر كفاءة فى تحسين لون الثمار مع زيادة محتواها الكلى من المواد الكاروتينية، ولكن الإثيلين كان معدوم أو قليل التأثير على صفات الجودة المحسوسة، وأدى — أحيانًا — إلى تدهورها. ويستنتج من ذلك أن الأسيتالدهيد والمركبات المتطايرة الأخرى القريبة منه ربما تكون هامة فى تطوير صفات الجودة الحسية، سواء أحدث ذلك طبيعيًّا أثناء نضج الثمار أم كمعاملة بعد الحصاد (Paz وآخرون ٢٠٠٦).

التعريض لأبخرة حامض الخليك

وجد Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن بخار حامض الخليك بتركيز ٢,٧–٥,٤ مليجرامًا/ لتر من الهواء أدى إلى منع إنبات جراثيم الفطرين *Botrytis cinerea*، و

بصورة تامة. كذلك لم تتعفن ثمار الطماطم التى حقنت بالفطر *Penicillium expansum* عندما تعرضت بعد ذلك لأبخرة حامض الخليك بتركيز ملليجرامين فى كل *B. cinerea* لتر من الهواء فى حرارة ٥°م. وأدت زيادة الرطوبة النسبية من ١٧٪ إلى ٩٨٪ إلى زيادة كفاءة عملية التبخير بحامض الخليك فى حرارة ٥°م، و ٢٠°م.

المعاملة بمضادات الأكسدة

أدى نقع عناقيد ثمار الطماطم الكريزية فى محلول من مضاد الأكسدة butylated hydroxyanisole بتركيز ٣٪ إلى خفض انفصال الثمار من أعناقها، وكانت صفات جودة الثمار مقبولة بعد ٢١ يومًا من التخزين أو الشحن على ١٢ أو ١٧ °م (Fuchs وآخرون ١٩٩٥).

المعاملة بالأوزون

أدت معاملة ثمار الطماطم بالأوزون بتركيزات تراوحت بين ٠,٠٠٥ (الكنترول)، و ٥,٠ ميكرومول لكل مول لفترات وصلت إلى ١٣ يومًا على ١٣°م قبل أو بعد إصابتها بالفطرين *Alternaria alternata* (مسبب مرض البقعة السوداء)، و *Colletotrichum coccodes* (مسبب مرض الأنثراكنوز) إلى تقليل تطور المرضين وتجرثم الفطرين، مع زيادة تأثير المعاملة بزيادة تركيز الأوزون، وبزيادة فترة التعرض للغاز. وقد حققت المعاملة بتركيز يقل عن ٠,٢ ميكرومول/مول (وهى الحدود المسموح بها للمعاملة فى أوروبا) نتائج جيدة جدًّا. ولما لم يظهر تأثير للمعاملة بالغاز على النمو الفطرى فى البيئات الصناعية، فقد استُنتج أن الأوزون يستحث فى الأنسجة النباتية التى تتعرض له تغيرات تلعب دورًا فى التفاعلات بين الأنسجة الثمرية والمسببات المرضية (Tzortzakis وآخرون ٢٠٠٨).

المعاملة بأكسيد الكلورين

وجد أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء الناضجة بغاز ثانى أكسيد الكلورين ClO_2 لمدة ١٢ ساعة قبل تخزينها على ٢٣°م، و ٨٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٢٣ يومًا قد تؤخر نضج الثمار، ربما من خلال تثبيطها لمعدلى التنفس وتمثيل الإثيلين (Guo وآخرون ٢٠١٤).

المعاملة بأكسيد النيتريك

تؤدى معاملة ثمار الطماطم – قبل تخزينها – بأكسيد النيتريك Nitric oxide، باستعمال ١ مللى مول من محلول مائى من sodium nitroprusside إلى تأخير احمرار بيريكارب الثمار (الجدار الثمرى الخارجى) بكفاءة، وتثبيط إنتاج الثمار للإثيلين، والتأثير إيجابيًّا على دلائل الجودة أثناء التخزين. ولقد أثرت معاملة أكسيد النيتريك على تعبير ستة جينات ذات علاقة بعمليات نضج الثمار؛ مما أدى إلى زيادة مقاومتها للفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى (Lai وآخرون ٢٠١١).

إن تمثيل الإثيلين يُنظَّم جزئيًّا بحامض النيتريك، وهو جزئ يدخل فى تفاعلات فسيولوجية متنوعة. وقد وجد أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء بمثبط تمثيل حامض النيتريك: L-nitro-arginine methylester خفَّض إنتاج الإثيلين الداخلى وأخَّر وصولها إلى طور بداية التلوين (Yang وآخرون ٢٠١٦).

المعاملة بالبراسِّينواستيرويدات

وجد أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالبراسِّينوليد brassinolide (وهو أنشط البراسِّينوستيرويدات brassinosteroids) ثم تخزينها على ٢٠ ْم و ٨٥٪ رطوبة نسبية لمدة ٢٠ يومًا كانت فعالة فى حث النضج، وزيادة السكريات الذائبة، وحامض الأسكوربيك والليكوبين، ومعدلى التنفس وإنتاج الإثيلين، مع زيادة فى نشاط عدد من الجينات المسئولة عن تمثيل الإثيلين والليكوبين. وفى المقابل.. أحدثت معاملة الثمار بالبراسِّينازول brassinazole (وهو مثبط لتمثيل البراسِّينواستيرويدات) تأثيرات عكسية، وتأخير فى نضج الثمار (Zhu وآخرون ٢٠١٥).

المعاملة بحامض الجبريللك

تُحدث الحرارة المنخفضة خفضًا جوهريًّا فى مستوى الجبريللين الطبيعى فى ثمار الطماطم، وتؤدى المعاملة بالهرمون إلى تقليل دليل أعراض البرودة، بينما تؤدى المعاملة بالبكلوباترازول paclobutrazol – وهو مُثبط لتمثيل حامض الجبريلليك – إلى زيادة

حدة أعراض البرودة، وتؤدى المعاملة بحامض الجبريلك إلى خفض التسرب الأيونى ومحتوى الثمار من الـ malondialdehyde، وزيادة محتواها من البرولين، وتحسين نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، بينما تُحدث المعاملة بالبكلوترازول تأثيرات عكسية (Ding وآخرون ٢٠١٥).

المعاملة بالهاربِن

وجد أن معاملة ثمار الطماطم بالهاربن harpin (وهو حاث بكتيرى لاستجابة فرط الحساسية) بتركيز ٩٠ جزءًا فى المليون أحدثت مكافحة جيدة لكل من الفطرين *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، و *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود، سواءًا كانت العدوى بالفطرين صناعية، أم طبيعية. وقد حفَّزت المعاملة التعبير عن الجينات ذات العلاقة بالدفاع: chitinase، و β-1,3-glucanase، و phenylalanine ammonia-lyase، مع زيادة فى المحتوى الفينولى الكلى واللجنين بالثمار. هذا.. بينما لم يكن للهاربن أى تأثير سلبى على الفطرين فى البيئة الصناعية (Zhu & Zhang ٢٠١٦).

التعريض للموجات الصوتية قليلة التردد

أدى تعريض ثمار الطماطم بعد الحصاد لموجات صوتية قليلة التردد (1kHz) لمدة ست ساعات إلى تأخير نضج الثمار المخزنة على ٢٣ ± ١ ْم، بالتأثير السلبى على تعبير الجينات الهامة فى عملية تمثيل الإثيلين، ومسارات إشارات الإثيلين التى تنظم النضج. فبعد المعاملة بسبعة أيام كانت ٨٥٪ من الثمار ما زالت خضراء، بينما كانت نسبة الثمار الخضراء فى معاملة الكنترول أقل من ٥٠٪. ووصلت معظم الثمار إلى طور النضج الأحمر قبل ١٤ يومًا من المعاملة. وكان إنتاج الإثيلين ومعدل التنفس أقل فى الثمار المعاملة عما فى تلك التى لم تُعامل. كذلك تأخر فقد الثمار المعاملة لصلابتها (Kim وآخرون ٢٠١٥).

التعريض للأشعة الحمراء

أدى تعريض ثمار الطماطم – وهى فى مرحلة التحول – للضوء الأحمر لمدة ثلاث دقائق إلى إسراع تلونها بالأحمر، بينما تأخر تلونها بتعريضها لثلاث دقائق للأشعة

تحت الحمراء، وذلك أثناء الأيام الأربعة الأولى من النضج. ولقد كانت هذه التأثيرات قابلة للإنعكاس عندما أعطيت معاملتا الأشعة الحمراء وتحت الحمراء بالتتابع مع فاصل بين كل معاملة والأخرى لمدة يوم أو يومين. كذلك كانت صلابة الثمار التى عوملت بالأشعة الحمراء أقل من صلابة الثمار التى عوملت بالأشعة تحت الحمراء، أو بـ ١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين لمدة يوم، أو تلك التى خزنت فى الظلام. وقد كان تأثير معاملة الأشعة الحمراء على النضج أقوى ما يمكن عندما أجريت المعاملة فى طور بداية التلوين breaker أو فى طور التحول turning عما كان عليه الحال عندما أجريت والثمار فى طور النضج الوردى أو الأحمر (Lee وآخرون ١٩٩٧).

التعريض للأشعة تحت الحمراء أثناء التخزين

كان تخزين الطماطم الحمراء لمدة شهر تحت أشعة تحت حمراء (FRL 740 nm) أفضل من التخزين فى الظلام من حيث فترة الصلاحية للتخزين والمحافظة على قيمتها الغذائية، وتقليل الفاقد. ظهر ذلك فى التأثير الإيجابى للتخزين تحت الأشعة تحت الحمراء — مقارنة بالتخزين فى الظلام — فيما يتعلق بكل من دليل التلون البنى browning index، والحموضة المعايرة، ومستوى حامض الأسكوربيك وقد كان التغير اللونى فى جلد الثمار التى عُرِّضت للأشعة تحت الحمراء فى نهاية فترة التخزين أكثر وضوحًا عما حدث فى الثمار التى خُزِّنت فى الظلام، وكان مرد ذلك إلى حدوث نقص أكبر فى محتوى الليكوبين. كذلك لوحظ انخفاض جوهرى فى التلوث السطحى بالخمائر والأعفان فى الثمار التى عُرِّضت للأشعة تحت الحمراء، مقارنة بما حدث فى تلك التى خُزِّنت فى الظلام (Cozmuta وآخرون ٢٠١٦).

التعريض للضوء الأزرق

أدى تعريض ثمار الطماطم الخضراء الناضجة للضوء الأزرق بطول موجى ٤٤٠–٤٥٠ نانوميتر لمدة ٧ أيام إلى تكوينها للون مصفر واحتفاظها بمستوى عالٍ من الصلابة، بينما تلك التى عوملت بالإظلام أو بالضوء الأحمر بطول موجى ٦٥٠–٦٦٠ نانوميتر

لنفس المدة أكملت نضجها وتلونت باللون الأحمر. هذا إلاّ أن الطماطم التى عُوملت بالتعريض للضوء الأزرق أكملت نضجها بصورة طبيعية وتلونت بالأحمر بعد ٢١ يومًا من التخزين فى الظلام، أى إن تلك المعاملة أفادت فى زيادة القدرة التخزينية للثمار (Dhakal & Baek ٢٠١٤).

المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

أدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالأشعة فوق البنفسجية ج UV-C عند طول موجى ٢٥٤ نانوميتر إلى زيادة مقاومة الثمار للإصابة بالفطر *Rhizopus stolonifer* مسبب مرض عفن ريزوبس الطرى بعد ٧٢ ساعة من المعاملة، وترافق ذلك مع زيادة فى محتوى الثمار من التوماتين (Stevens وآخرون ١٩٩٨).

ويُفيد تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية UV-C بعد حصادها إلى خفض العد الميكروبى فى الثمار المجهزة للمستهلك (Kim وآخرون ١٩٩٦)، وإلى مكافحة الأعفان (خاصة بفطر البوتريتس) فى الثمار أثناء تخزينها، وإلى خفض فى معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين، مع تأخير فى وصول الثمار لمرحلة الشيخوخة (Maharaj وآخرون ١٩٩٩). وبدا واضحًا أن المعاملة حفَّزت تمثيل المركبات الفينولية فى خلايا الجدار الثمرى الخارجى (Charles وآخرون ٢٠٠٨ ج).

وفى إحدى الدراسات.. عُرِّضت ثمار طماطم خضراء مكتملة التكوين لجرعة ٤ أو ٢٠ كيلوجول/م^{٢} (kJm^{-2}) من الأشعة فوق البنفسجية ب (UV-B)، ثم خزنت لمدة ٢٠ يومًا على ٢ ْم، ثم لمدة ١٠ أيام على ٢٠ ْم. أظهرت المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية كفاءة فى خفض أضرار البرودة وتأخير فى الوصول إلى قمة إنتاج الإثيلين، كما حافظت المعاملة على جودة الثمار المخزنة بخفضها للفقد فى الوزن، وبمحافظتها على صلابة الثمار وعلى محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والبروتين الذائب والسكر الذائب خلال فترة التخزين على ٢٠ ْم. كذلك أخَّرت المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية — جوهريًّا — من تكوين اللون الأحمر بعد ١٠ أيام من التخزين على ٢٠ ْم. وعلى الجانب الآخر، فإن معاملة الأشعة فوق البنفسجية قللت محتوى الفينولات الكلية ومضادات

الأكسدة؛ بما يعنى أن الأشعة فوق البنفسجية ربما تكون قد هيأت الثمار للتأقلم الفسيولوجى على شدِّ الحرارة المنخفضة، فانخفضت فيها الاستجابة لهذا الشد (Liu وآخرون ٢٠١٢).

ووُجد أن معاملة ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين بالأشعة فوق البنفسجية ب UV-B بمعدل ٢٠ أو ٤٠ كيلوجول/م٢ تؤدى إلى المحافظة على صلابة الثمار وتأخير تلونها؛ كما أسهمت المعاملة فى تراكم المركبات الفينولية والفلافونات بالثمار، وزادت من محتواها من المواد المضادة للأكسدة أثناء التخزين، على الرغم من أنها أحدثت خفضًا فى محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك. هذا.. وقد كان للمعاملة بجرعة ١٠ كيلوجول/م٢ تأثيرات مماثلة، ولكن بدرجة أقل؛ كما أحدثت المعاملة بجرعة ٨٠ كيلوجول/م٢ زيادة فى محتوى الليكوبين، لكن كان لها تأثيرات سلبية على القوام والمركبات المضادة للأكسدة (Liu وآخرون ٢٠١٢).

وأدت معاملة ثمار الطماطم التى فى طور التحول بالأشعة فوق البنفسجية ج UV-C بجرعة ٣,٧ كيلوجول/م٢ إلى حثِّ إنتاجها للإثيلين وزيادة محتواها من متعددات الأمين، ولكن مع تأخير فى ظهور اللون الأحمر (Tiecher وآخرون ٢٠١٣).

كذلك أدت معاملة ثمار الطماطم الشيرى الخضراء المكتملة التكوين بعد الحصاد بالأشعة فوق البنفسجية ج بجرعة ٤,٢ كيلوجول/م٢، ثم تخزينها على ١٨ °م لمدة ٣٥ يومًا إلى خفض إنتاجها للإثيلين، ومن ثم خفض نشاط الإنزيمات التى تُحلل الجدر الخلوية وإبطاء فقد الثمار لصلابتها (Bu وآخرون ٢٠١٣).

وقد أدت معاملة ثمار الطماطم الشيرى الخضراء المكتملة التكوين بالأشعة فوق البنفسجية ج UV-C بجرعة ٤,٢ كيلوجول/م٢، ثم تخزينها على ١٨ °م لمدة ٣٥ يومًا إلى تطويرها للونٍ وردى ضارب إلى الحمرة، مقارنة باللون البرتقالى الطبيعى فى ثمار الكنترول. وعلى الرغم من أن تراكم الليكوبين انخفض جوهريًّا فى البداية فى الثمار المعاملة، ثم عاد إلى مستواه العادى فى نهاية الأمر؛ فإن تراكم البيتاكاروتين ومحتواه

النهائى انخفض جوهريًّا فى الثمار المعاملة؛ مما أدى إلى انخفاض فى نسبة البيتاكاروتين إلى الليكوبين؛ ومن ثم حدث التغير المشاهد فى لون الثمار المعاملة. حدث ذلك على الرغم من أن المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية ج ثبَّطت نشاط كلاً من الجينين: Psy-1 الذى يلعب دورًا أساسيًّا فى تمثيل الليكوبين، و Lyc-β الذى يلعب دورًا فى تمثيل البيتاكاروتين (Bu وآخرون ٢٠١٤).

ويُستفاد من عدة دراسات عُوملت فيها ثمار الطماطم بعد الحصاد – وقبل التخزين – بالأشعة فوق البنفسجية ج UV-C، عند طول موجى ٢٥٤ نانوميتر، بجرعة تراوحت بين ١,٣ ، و٤٠ كيلوجول/م٢ (كانت غالبًا فى حدود ٣,٧ كيلوجول/م٢)، ثم خُزِّنت لفترة تراوحت بين ١٤ ، و ٢١ يومًا على حرارة تراوحت بين ١٢ ، و١٦ °م، تحت الضغط الجوى العادى أو أعلى منه أن تلك المعاملة أدت إلى:

١- تأخير نضج الثمار.

٢- المحافظة على الصلابة وخصائص جودة الطعم.

٣- زيادة فترة الصلاحية للتخزين.

٤- مقاومة العفن الرمادى، وخفض أعداد السالمونيلا.

٥- زيادة نشاط العناصر المحبة للأكسدة ROS والإنزيمات التى تُنشِّط تلك العناصر، والإنزيم phenylalanene ammonia-lyase.

٦- زيادة محتوى الفينولات الكلية والنشاط المضادة للأكسدة.

٧- تثبيط نشاط الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية (Turtoi ٢٠١٣).

التخزين

التخزين فى الحرارة المنخفضة

يمكن أن تظهر أضرار البرودة على ثمار الطماطم التى تتعرض – قبل الحصاد – لحرارة تقل عن ١٥ °م لمدة تزيد عن ١٥ يومًا خلال الأسبوع السابق للحصاد، وتزداد شدة الإصابة بزيادة فترة التعرض للحرارة المنخفضة.

يفضل أن يكون تبريد الطماطم فى حجرات التخزين المبردة room cooling التى تخزن فيها مباشرة، وأفضل حرارة للتخزين هى ١٤–١٥ ْم للثمار الخضراء المكتملة التكوين، و ٩–١٠ ْم للثمار الوردية اللون، و٧–١٠ ْم للثمار الحمراء الصلبة، علمًا بأن الفترة المتوقعة لاحتفاظ الثمار بجودتها هى ٢١–٢٨ يومًا بالنسبة للثمار الخضراء المكتملة التكوين، و٧–١٤ يومًا بالنسبة للثمار الوردية اللون، و٣–٥ أيام بالنسبة للثمار الحمراء الصلبة، وذلك إذا ما كان التخزين فى الحرارة الموصى بها، مع ٩٠٪ –٩٥٪ رطوبة نسبية.

هذا.. ويمكن حفظ الثمار التى وصلت إلى مرحلة ٦٠٪–٩٠٪ تلوين لمدة أسبوع على ١٠ ْم، ولكن حفظها لفترة أطول من ذلك على تلك الدرجة قد يؤثر سلبيًّا على جودتها أثناء عرضها للبيع. كذلك فإن حفظ ثمار الطماطم المكتملة النضج على حرارة تقل عن ٤ ْم لفترة طويلة يفقدها لونها الجيد ويؤثر سلبيًّا على صلابتها وجودتها.

ويتعين — دائمًا — إنضاج الثمار الخضراء المكتملة التكوين قبل محاولة تخزينها فى الحرارة المنخفضة.

ويؤدى تخزين ثمار الطماطم الخضراء المكتملة التكوين لعدة أسابيع على ١٣ ْم إلى تعفنها وعدم نضجها بصورة مناسبة، وأفضل حرارة لنضجها هى ١٨– ٢١ ْم مع ٩٠٪– ٩٥٪ رطوبة نسبية. وفى حرارة تزيد عن ٢٧ ْم فإنها تنضج، ولكنها لا تكون فى أفضل نوعية أكلية. هذا بينما يمكن إبطاء نضج الثمار الخضراء المكتملة التكوين وتخزينها لأطول فترة ممكنة بتعريضها — كما أسلفنا — لحرارة ١٤–١٥ ْم.

هذا ويجب عدم إطالة فترة تخزين الثمار الوردية على ٩–١٠ ْم عن أسبوعين لأن ذلك يترتب عليه قِصَر فترة الصلاحية للعرض للبيع فى محلات السوبر ماركت. وتجدر الإشارة إلى أن تخزين ثمار الطماطم الوردية أو الحمراء فى حرارة أكثر انخفاضًا (مثل ٤ ْم) بهدف زيادة فترة تخزينها يترتب عليه فقدانها للونها الجيد، ولصلابتها، ولطعمها أيضًا (جامعة بوردو Purdue– الإنترنت — ٢٠٠٧).

وتحدد فترة صلاحية الطماطم الشيرى (الكريزية) للتخزين بانفصال الثمار عن محور العنقود rachis، وليس بالتدهور فى الثمار ذاتها، وتعرف منطقتين يمكن أن تتكون فيهما طبقة انفصال ويحدث الانفصال، هما: عند المفصل joint فى منتصف عنق الثمرة، وعند اتصال العنق بالثمرة. وعادة.. يحدث الانفصال عند المفصل شتاءً، بينما يحدث الانفصال عند اتصال العنق بالثمرة صيفًا. ويؤدى بقاء العناقيد فى رطوبة نسبية منخفضة بعد الحصاد إلى فقدها للرطوبة، وعندما تفقد العناقيد ١٠٪ من رطوبتها، فإن وزن محور العناقيد يكون قد فقد ٧٥٪ من وزنه الأصلى، ويزداد معه الانفصال عند مكان اتصال العنق بالثمرة. وبالمقارنة.. فإن بقاء العناقيد فى رطوبة نسبية عالية يحمى الثمار من الانفصال، وعندما يحدث ذلك فإنه يكون عند المفصل (Dvir وآخرون ٢٠٠٩).

التغيرات فى نكهة الثمار أثناء التخزين البارد

أدى تخزين ثمار الطماطم الحمراء على حرارة ١٠ ْم — مقارنة بحرارة ٢٠ ْم — إلى إحداث تغيرات فى مستويات المركبات المتطايرة: 3-methylbutanol، و linalool، و guiacol، و hexanol، و trans-2-hexenal، و trans-3-hexenol. وقد ارتبطت تلك التغيرات بأخرى سلبية فى طعم الثمار فى اختبارات التذوق (De León Sánchez وآخرون ٢٠٠٩).

وقد دُرست التغيرات فى مكونات ثمار ثلاثة أصناف من الطماطم من المواد المتطايرة المسئولة عن النكهة، وذلك أثناء تخزينها — بعد حصادها وهى حمراء — لمدة ٢١ يومًا على ٢٠ ْم، مع ٥٥٪ رطوبة نسبية، ووجد ما يلى:

١- ازداد تركيز ثمانى مركبات فى جميع الأصناف، وهى:

(E)-2-heptenal	hexanal
6-methyl-5-hepten-2-one	(E,E)-2,4-decadienal
2-isobutylthiazole	geranylacetone
geranial	1-nitro-2-phenylethane

٢- انخفض تركيز المركب المتطاير methyl salicylate فى كل الأصناف.

٣- انخفض تركيز المركب (Z)-3-hexenal فى صنفين، هما: Mickey، و Venessa.

٤- انخفض تركيز المركب (E)-2-hexenal فى الصنف Venessa بعد ١٠ أيام من التخزين.

٥- ازداد "طعم الطماطم" مع التخزين (Krumbein وآخرون ٢٠٠٤).

وبالمقارنة.. أحدث تخزين ثمار الطماطم على ١٢,٥ °م انخفاضًا عامًّا فى مجمل المركبات المتطايرة المؤثرة فى النكهة بدءًا من اليوم التاسع للتخزين؛ حيث لم يتراكم فيها الـ hexanal، والـ hexanol، والـ cis-3-hexanol، مع زيادة مرحلية فى محتوى الـ trans-2-hexenol، وتراكم فى محتوى الـ 3-methyl butanol، وتواكبت تلك التغيرات مع تغير فى إحساس خبراء التذوق فى نكهة الثمار، وكانت التغيرات أكثر عندما كان التخزين على ١٠ °م. وبينما لم يجد المستهلك العادى فرقًا فى النكهة بين الثمار التى خزنت على ١٢,٥ °م وتلك التى خزنت على ٢٠ °م، فإن نكهة الثمار التى خزنت على ١٠ °م لم تكن مقبولة من المستهلك (Ponce-Valadez وآخرون ٢٠١٦).

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

على الرغم من نجاح تخزين الطماطم فى الجو المعدل إلا أن هذه الطريقة لم تطبق — بعد — على النطاق التجارى، لعدم وجود مبررات للحاجة إليها حتى الآن، ولأن لها بعض المساوئ التى تترتب على عدم الدقة فى تنفيذها.

وعلى الرغم من تباين الجو المعدل المناسب لثمار الطماطم فى مختلف درجات النضج، فإن ٣٪ أكسجين + ٢٪ ثانى أكسيد كربون يعد مناسبًا بصورة عامة، حيث تحتفظ الثمار بجودتها لفترة أطول. فمثلاً.. تحتفظ الثمار الخضراء المكتملة التكوين بجودتها لمدة ٦ أسابيع على حرارة ١٣ °م فى جو يحتوى على ٣٪ أكسجين + ٩٧٪

نيتروجين، دون أن يظهر بها أى تغيرات غير مرغوب فيها فى المذاق. كذلك يساعد التخزين فى الجو المتحكم فيه فى تأخير ظهور الأعراض غير المرغوب فيها للأضرار الميكانيكية.

وتعد ظروف الهواء المتحكم فيه المناسبة للطماطم كما يلى:

١- الطماطم الخضراء المكتملة التكوين: ٣٪ إلى ٥٪ أكسجين + ٢٪ إلى ٣٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٢-٢٠°م، والاستفادة تكون قليلة.

٢- الطماطم الحمراء: ٣٪ إلى ٥٪ أكسجين + ٣٪ إلى ٥٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٠-١٥°م، والاستفادة تكون متوسطة (Sargent & Moretti ٢٠٠٤).

وأمكن بالتعبئة فى عبوات الجو المعدل MAP (٥٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون)، مع التخزين على ٥°م إطالة فترة صلاحية تخزين ثمار الطماطم الشيرى لمدة ٢٥ يومًا. أدت المعاملة إلى خفض معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين، وكذلك نقص الفقد فى الوزن، وتمثيل الليكوبين، مع المحافظة على الصلابة، وتأخير التغيرات فى كل من السكريات والأحماض العضوية (Fagundes وآخرون ٢٠١٥).

ولقد وجد أن تعبئة ثمار الطماطم الشيرى فى جو معدل modified atmosphere packaging به مستوى متوسط من ثانى أكسيد الكربون (حوالى ٣ كيلو باسكال)، ومستوى من الأكسجين لا يقل عن ١٢ كيلوباسكال، ورطوبة نسبية أعلى عن ٩٠٪ يمكن أن تؤخر الفقد فى صلابة الثمار والحموضة المعايرة وحامض الأسكوربيك، وتقلل أعفان الثمار، وذلك على الرغم من التخزين على ٢٠°م (D'Aquino وآخرون ٢٠١٦).

التخزين تحت ضغط منخفض

يفيد تخزين جميع الثمار الكلايمكتيرية Climacteric Fruits تحت ضغط منخفض subatmospheric pressure (أو Hypobaric) فى إطالة فترة قدرتها على التخزين؛ ذلك لأن الإثيلين الذى تنتجه هذه الثمار - وهو الذى يُسَرِّع إنضاجها - تتم إزالته أولاً بأول بسبب عملية التفريغ الجزئى الدائمة التى تتعرض لها الثمار المخزنة،

كما أن عملية التفريغ تلك تُزيل — كذلك — الأكسجين مع الإثيلين؛ الأمر الذى يبطئ إنتاج الثمار للإثيلين؛ لأن عملية إنتاج الإثيلين تحتاج إلى توفير الأكسجين؛ ويترتب على ذلك كله إبطاء نضج الثمار وزيادة فترة صلاحيتها للتخزين.

وكما أوضحنا فى حالة التخزين فى الجو المعدل، فإن الحاجة إلى تخزين الطماطم تحت تفريغ ليست لها مبررات اقتصادية للتطبيق تجاريًّا — بعد — على الرغم من نجاحها بحثيًّا.

ومن بين الدراسات التى أجريت فى هذا المجال، نذكر ما يلى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

- أمكن تحزين الطماطم لمدة ١٠٠ يوم تحت ضغط ١٠٢ مم زئبق إذا نقلت الثمار — بعد ذلك — إلى ضغط ٦٤٦ مم زئبق، وذلك فى حرارة ١٢,٨ °م ورطوبة نسبية ٩٠٪ إلى ٩٥٪. وقد أدت المعاملة إلى تأخير فقد الكلوروفيل، وتثبيط تمثيل الليكوبين والبيتاكاروتين، وتحلل النشا، وتكوين السكريات.
- ازدادت قدرة ثمار الطماطم على التخزين بحفظها تحت ضغط منخفض يتراوح بين ٦٥٨ و٧٠٩ مم زئبق.
- أمكن حفظ ثمار الطماطم التى فى طور بداية التلوين لمدة ٤ أسابيع تحت تفريغ جزئى دون أن تتقدم فى النضج إلى أكثر من اللون الوردى الفاتح؛ الأمر الذى يمكن معه شحن الثمار وهى فى هذه المرحلة من النضح، حيث تكون صفاتها الأكلية أفضل من الثمار التى تحصد وهى خضراء مكتملة التكوين.

التخزين تحت ضغط مرتفع

وُجد أن تخزين ثمار الطماطم تحت ضغوط مرتفعة hyperbaric (حتى ٠,٩ ميجاباسكال) لمدة ٤ أيام على ٢٠ °م، ثم الإنضاج على ٢٠ °م لمدة ٥ أو ١٠ أيام تُحدث تأثيرًا جوهريًّا على محتوى الليكوبين، وزيادة فى محتوى كل من حامض الأسكوربيك والفينولات الكلية، وتزيد من القدرة التخزينية للثمار لمدة ٥ أيام بعد المعاملة (Liplap وآخرون ٢٠١٣ أ، و ٢٠١٣ ب).

التصدير

يزداد الطلب على الطماطم المصرية فى الفترات التى يقل فيها الإنتاج فى الدول المستوردة، وهى الفترة من ديسمبر إلى مارس بالنسبة للدول الأوروبية، والفترة من يونية إلى أكتوبر بالنسبة للدول العربية الخليجية، حيث يقتصر إنتاج الطماطم على الزراعات المحمية خلال الفترات المشار إليها فى هذه الدول. وبالرغم من ارتفاع إنتاجية الزراعات المحمية، إلا أنها لا تكون فى وضع منافس للمحصول المستورد، وذلك نظرًا لارتفاع أسعار طماطم البيوت المحمية بالنسبة لمحصول الحقول المكشوفة.

وقد أصبحت الطماطم الكريزية من المنتجات المطلوبة بكثرة وبأسعار مجزية، وخاصة فى أسواق أوروبا الغربية.

تُصدَّر الطماطم العادية إلى الدول الأوروبية وهى خضراء فى مرحلة اكتمال التكوين — حيث تعرف بظهور نجمة بيضاء على الطرف الزهرى للثمرة — أو فى طور بدء التلون الذى يظهر فيه التلوين على مساحة لا تتجاوز ١٠٪ من سطح الثمرة. كما تصدر الطماطم إلى الأسواق العربية وهى فى طور التحول الذى يظهر فيه التلوين على مساحة تزيد عن ١٠٪، ولا تتجاوز ٣٠٪ من سطح الثمرة.

يتطلب القانون المصرى توفر الشروط التالية بالنسبة للطماطم المصدرة

١- أن تكون الثمار كروية ملساء، أو قليلة التفصيص، وألا يقل قطر ثمار الأصناف غير الكريزية عن ٤ سم.

٢- ألا تكون الثمار ذابلة، أو لينة، أو متقدمة فى النضج.

٣- ألاّ يزيد طول عنق الثمرة عن مستوى أكتافها، ويجوز تصدير الطماطم بدون عنق بشرط أن يكون موضع العنق سليمًا.

٤- أن تكون الثمار من نفس الصنف، وأن تتماثل ثمار كل عبوة فى الحجم ودرجة التلون.

٥- ألا يزيد التلون عن ١٠٪-٢٥٪ من سطح الثمرة بالنسبة للدول البعيدة، مثل: المملكة المتحدة وهولندا، و٢٥٪-٥٠٪ بالنسبة للدول المتوسطة البعد، مثل: إيطاليا وإسبانيا، و٧٥٪-٩٠٪ بالنسبة للدول القريبة، مثل المملكة العربية السعودية وتركيا. ويسمح بالحدود العليا للتلون عند التصدير خلال الفترة من أول نوفمبر إلى آخر مارس، بينما تُشترط الحدود الدنيا للتلوين عند التصدير خلال الفترة من أول أبريل إلى آخر أكتوبر.

٦- تقسم الطماطم إلى درجتين كالتالى:

أ- الدرجة الأولى: وهى ما لا تزيد فيها نسبة الثمار التى بها عيوب فسيولوجية، أو آثار جافة لإصابات مرضية أو حشرية عن ٥٪ من الوزن فى العبوة الواحدة.

ب- الدرجة الثانية: وهى ما لا تزيد فيها نسبة الثمار المصابة بالعيوب السابقة الذكر عن ١٠٪ من الوزن فى العبوة الواحدة.

٧- تعبأ الثمار فى صناديق سليمة، ونظيفة، وجافة مصنوعة من الكرتون بأبعاد حوالى ٣٨ سم طولاً × ٢٨ سم عرضًا × ١٥ سم ارتفاعًا. ويتراوح الوزن الصافى للعبوة عادة من ٣-٨ كجم.

٨- قد تبطن العبوات بورق الكرفت، أو البارشمنت.

٩- تعبأ الطماطم إما ملفوفة أو بدون لف، وتوضع بطريقة منتظمة، بحيث تملأ العبوة تمامًا، دون أن تكون مضغوطة، أو ترتب فى طبقات مع فصل كل طبقة عن الأخرى بقصاصات الورق، أو بورق الزبدة.

١٠- توضع على كل عبوة البيانات الخاصة بها، وهى: كلمة "طماطم"، والدرجة، والعلامة التجارية، واسم المصدر وعنوانه، ووزن العبوة الصافى.

الطماطم المجهزة للمستهلك (الجاهزة للأكل)

تجهز الطماطم للمستهلك fresh-cut وهى بلون أحمر متجانس وصلبة، حيث تُقدم إما على صورة شرائح، وإما مقطعة إلى مكعبات صغيرة. يجب ألا تكون الشرائح فاقدة

للجل الذى يوجد فى حجيرات الثمرة حول البذور. ويستخدم صنف الطماطم Roma — غالبًا — فى تجهيز مكعبات الطماطم. يجب أن تكون الثمار المستعملة صلبة وذات فجوات بذرية صغيرة. تغسل الطماطم بماء مكلور قبل تقطيعها، ثم بعد تجهيز المكعبات الصغيرة تغسل مرة أخرى فى تيار من الماء المكلور بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون من الكلورين المضاف إليه كلوريد الكالسيوم بتركيز ٠,٢٥٪. أما بالنسبة للطماطم التى تقطع إلى شرائح فإن الثمار الكاملة تغمس أولاً فى ماء مكلور بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون لمدة دقيقة واحدة قبل تقطيعها.

وعلى الرغم من أن الطماطم تعد حساسة للبرودة إلا أنها يمكن أن تخزن على صفر — ٥ °م لأيام قليلة قبل تجهيزها لتأخير طراوتها. ويستفاد من جو يحتوى على ٣٪ أكسجين + ٣٪ ثانى أكسيد كربون فى تأخير نضج الثمار، وتأخير فقد محتواها من المواد الصلبة الذائبة والحموضة المعايرة.

وتفقد الطماطم المجهزة على صورة مكعبات جودتها بعدة مظاهر، منها: شفانية الأنسجة، وتغيرات القوام، والطراوة، والمظهر المائى. أما شرائح الطماطم فإنها — إلى جانب ما تقدم من مظاهر فقد الجودة — قد تقل جودتها — كذلك — بإنبات البذور فيها، وفقد الجل. وعلى الرغم من أن حموضة ثمار الطماطم تثبط النمو الميكروبى، إلاّ أن نمو الخمائر وفطريات الأعفان يقلل من جودتها أثناء التخزين.

مصادر إضافية

لمزيد من التفاصيل حول تكنولوجيا بعد حصاد الطماطم شاملاً معاملات قبل التخزين، وظروف التخزين، والتخزين فى الجو المتحكم فيه والجو المعدل، والتغيرات التالية للحصاد فى كل من الليكوبين ومضادات الأكسدة والكاروتينويدات وحامض الأسكوربيك، والتغيرات فى الإثيلين وعلاقة ذلك بظروف التخزين والنضج وصفات الجودة .. يراجع Passam وآخرين (٢٠٠٧).

كما يمكن الرجوع لمزيد من التفاصيل التى وردت فى هذا الفصل فى حسن (٢٠١١).

مصادر الكتاب

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٩٨). الطماطم: الأمراض والآفات ومكافحتها. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ١٨٤ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٠). الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٧٨٣ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١١). تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية: التداول والتخزين والتصدير. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٥٢ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٥). أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٩٦٨ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٧). بدائل المبيدات لمكافحة أمراض وآفات الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع– القاهرة – ٤٨٩ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٨). تربية الطماطم لمقاومة الأمراض والآفات. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة – ٣٠٤ صفحات.

حسن، أحمد عبد المنعم (٢٠١٨). تكنولوجيا الإنتاج المتميز للطماطم. الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة — القاهرة — ٢٠٨ صفحات.

مركز البحوث الزراعية– وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية (٢٠١٣). زراعة وإنتاج الطماطم. نشرة رقم ١٢٩٤ — ٨٢ صفحة.

لجنة مبيدات الآفات الزراعية — وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى — جمهورية مصر العربية. (٢٠١٧). التوصيات المعتمدة لمكافحة الآفات الزراعية — الجيزة — جمهورية مصر العربية — ٣٥١ صفحة.

وزارة الزراعة — جمهورية مصر العربية (١٩٩٠). برنامج مكافحة آفات البساتين والخضر: موسم ١٩٨٩/١٩٩٠– ١٩٢ صفحة.

Abdel-Al, Z.E. and A. Saeed. 1975. The effects of plant population, irrigation frequency and cultivars on yield and canning qualities of tomato fruits grown under hot tropical conditions. Acta Horticulturae 49:193-208.

Abdel-Gawad, A. A., A. M. El-Sayed, F. F. Shalaby, and M. R. Abo-El-Ghar. 1990. Natural enemies of *Bemisia tabaci* Genn. and their role on suppressing the populaun density of the pest. Agric. Res. Rev. 68 (1): 185-195.

Abo-Elyousr, K. A. M. and M. R. Asran. 2009. Antibacterial activity of certain plant extracts against bacterial wilt of tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (6): 573-578.

Abo-Elyousr. K. A. M. and H. H. El-Hendawy. 2008. Integration of *Pseudomonas fluorescens* and acibenzolar-S-methyl to control bacterial spot disease of tomato. Crop Protection 27 (7): 1118-1124.

Adams, P. 1986. Mineral nutrition, pp. 281-334. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Adams, P. and R. Holder. 1992. Effects of humidity, Ca and salinity on the accumulation of dry matter and Ca by the leaves and fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum*). J. Hort. Sci. 67: 137-142.

Ahmad, F., M. A. Rather, and M. A. Siddiqui. 2010. Influence of organic additives on the incidence of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in roots of tomato plants. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (2): 168-173.

Ahmad, A., S. Shafique, and S. Shafique. 2014. Intracellular interactions involved in induced systemic resistance in tomato. Sci. Hort. 176: 127-133.

Ahoonmanesh, A. and T. A. Shalla. 1981. Feasibility of cross-protection for control of tomato mosaic virus in fresh market field-grown tomatoes. Plant Dis. 65: 56-58.

Ali, A. H. M. 1996. Biocontrol of reniform and root-knot nematodes by new bacterial isolates. Bull. Fac. Agric., Univ. Cairo 47: 487-498.

Ali, A., M. Maqbool, S. Ramachandran, and P. G. Alderson 2010. Gum Arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 58 (1): 42-47.

Ali, A., M. Maqbool, P. G. Alderson, and N. Zahid. 2013. Effect of gum Arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) fruit during storage. Postharvest Biol. Technol. 76: 119-124.

Ali, M. et al. 2015. Inhibition of *Phytophthora parasitica* and *P. capsici* by silver nanoparticles synthesized using aqueous exctract of *Artemisia absinthium*. Phytopathology 105 (9): 1183-1190.

Ali, N., A. Ramkissoon, A. Ramsubhag, and J. Jayra. 2016. *Ascophyllum* extract application causes reducation of disease levels in field tomatoes grown in a tropical environment. Crop Prot. 83: 67-75.

Al-Raddad, A. M. 1995. Interaction of *Glomus mosseae* and *Paecilomyces lilacinus* on *Meloidigyne javanica* of tomato. Mycorrhiza 5 (3): 233-236. (c.a. Hort. Absr. 65:8986; 1995).

Aktas, H., D. Bayindir, T. Dilmacunal, and M. A. Koyuncu. 2012. The effects of minerals, ascorbic acid, and salicylic acid on the bunch quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) at high and low temperatures. HortScience 47 (10): 1478-1483.

Amjad, M. et al. 2016. Effectiveness of potassium in mitigating the salt-induced oxidative stress in contrasting tomato genotypes. J. Plant Nutr. 39 (13).

An, Y., S. Kang, K. D. Kim, B. K. Hwang, and Y. Jeun. 2010. Enhanced defense response of tomato plants against late blight pathogen *Phytophathora infestans* by pre-inoculation with rhizobacteria. Crop Prot. 29: 1406-1412.

Anderson, J. A. 1998. Iee-nucleating activity of seedlings of six tomato cultivars. HortScience 23: 1044-1045.

Anderson, J. A., D. W. Buchanan. R. E. Stall. and C. B. Hall. 1982. Frost injury of tender plants increased by *Pseudomonas syringae* van Hall. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 (1): 123-125.

Anonymous. 1980. Programme for early tomato production in peat. An Foras Taluntais, Kinsealy Res. Centre, Dublin. 38 p.

Antoniou, P. P., E. C. Tjamos, M. T. Andreou, and C. G. Panagopoulos. 1995a. Effectiveness, modes of action and commercial application of soil solarization for control of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* of tomatoes. Acta Horticulturae No. 382.: 119-128.

Antoniou, P. P., E. C. Tjamos, and C. G. Panagopoulos. 1995b. Use of soil solarization for controlling bacterial canker of tomato in plastic houses in Greece. Plant Pathology 44 (3): 438-447.

Artés, F. and A. J. Escriche. 1994. Intermittent warming reduces chilling injury and decay of tomato fruit. Journal of Food Science 59 (5): 1053-1056.

Artés, F., F. Garcia, J. Marquina, A. Cano, and J. P. Fernández-Trujillo. 1998. Physiological responses of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. Postharvest Biol. Technol. 14 (3): 283-296.

Asian Vegetable Research and Development Center. 1978. Progress Report for 1977. Shanhua. Taiwan.

Asian Vegetable Research and Development Center. 1979. Progress Report for 1978. Shanhua. Taiwan.

Atta-Aly, M. A., M. I. Abdel-Mageed, M. F. Hegab, and M. H. Kamel. 1998. Increasing tomato plant growth and yield with improving fruit quality by controlling sap-sucking insects (whitefly and aphid) without insecticides. 7th Conf. Agr. Dev. Res., Fac. Agr., Ain Shams Univ., Cairo. December 15-17, 1998. Annals Agr. Sci., Sp. Issue 3: 845-863.

Atta-Aly, M. A., G. S. Riad, Z. E. S. Lacheene, and A. S. El-Beltagy. 1999. Dynamic exposure to ethanol vapor delays tomato fruit ripening via reversible inhibition of ethylene biosynthesis and action. Egypt. J. Appl. Sci. 14 (8): 228-254.

Aung, L. H. 1979. Temperature regulation of growth and development of tomato during ontogeny, pp. 79-93. In: Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.

Averre, C. W. and R. K. Jones. 2000. Edema. General Principles Information Note 3. Plant Pathology Extension, N. C. State Univ. 2 p. The Internet.

Avery, G. S., Jr., E. B. Johnson, R. M. Addoms, and B. F. Thompson. 1947. Hormones and horticulture. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 326 p.

Baker, J. C. 1988. Russeting (cuticle cracking) in glasshouse tomatoes in relation to fruit growth. J. Hort. Sci. 63: 459-463.

Baldwin, E. A. 2004. Flavor. In: ARS, USDA Agric. Hamdbook 66 revised. The Internet.

Baldwin, E. A., M. O. Nisperos-Carviedo, and M. G. Moshonas. 1991. Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 265-269.

Baldwin, E. A., J. W. Scott, C. K. Shewmaker, and W. Schuch. 2000. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. HortScience 35 (6): 1013-1021.

Baldwin, E., A. Plotto, J. Narciso, and J. Bai. 2011. Effect of 1-methylcyclopropene on tomato flavour components, shelf life and decay as influenced by harvest maturity and storage temperature. J. Sci. Food Agr. 91: 969-988.

Baldwin, E. A., J. W. Scott, and J. Bai. 2015. Sensory and chemical flavor analysis of tomato genotypes grown in Florida during three different growing seasons in multiple years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 140 (5): 490-503.

Barickman, T. C., D. A. Kopsell, and C. E. Sams. 2014. Abscisic acid increases carotenoid and chlorophyll concentrations in leaves and fruit of two tomato genotypes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 139 (3): 261-266.

Barickman, T. C., D. A. Kopsell, and C. E. Sams. 2014. Exogenous foliar and root applications of abscisic acid increase the influx of calcium into tomato fruit tissue and decrease the incidence of blossom-end rot. HortScience 49 (11): 1397-1402.

Barickman, T. C., D. A. Kopsell, and C. E. Sams. 2014. Foliar applications of abscisic acid decrease the incidence of blossom-end rot in tomato fruit. Sci. Hort. 179: 356-362.

Barickman, T. C., D. A. Kopsell, and C. E. Sams. 2016. Abscisic acid impacts tomato carotenoids, soluble sugars, and organic acids. HortScience 51 (4): 370-376.

Barker, A. V. and K. M. Ready. 1994. Ethylene evolution by tomatoes stressed by ammonium nutrition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119 (4): 706-710.

Barrett, C. E. and X. Zhao. 2012. Grafting for root-knot nematode control and yield improvement in organic heirloom tomato production. HortScience 47 (5): 614-620.

Barrett, C. E. et al. 2012. Fruit composition and sensory attributes of organic heirloom tomatoes as affected by grafting. HortTechnology 22 (6): 804-809.

Bar-Tal, A. and E. Pressman. 1996. Root restriction and potassium and calcium solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (4): 649-655.

Barten, J. H. M., J. W. Scott, N. Kedar, and Y. Elkind. 1992. Low temperature induce rough blossom-end scarring of tomato fruit during early flower development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 298-303.

Bashan, Y, and L. E. de Bashan. 2002. Production of tomato seedlings against infection by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Applied and Environmental Microbiology 68 (6): 2637-2643.

Basiouny, F. M., K. Basiouny, and M. Maloney. 1994. Influence of water stress on absicic acid and ethylene production in tomato under different PAR levels. J. Hort. Sci. 69 (3): 353-541.

Bedford, I. D., A. Kelly, G. K. Banks, R. W. Briddon, J. L. Cenis, and P. G. Markham. 1998. *Solanum nigrum*: an indigenous weed reservoir for a tomato yellow leaf curl geminivirus in southern Spain. European J. Plant Pathology 104 (2): 221-222.

Belda, R. M., J. S. Fenlon. and L. C. Ho.. 1996. Salinity effects on the xylem vessels in tomato fruit among cultivars with different susceptibilities to blossom-end rot. Journal of Horticultural Science 71 (2): 173-179.

Ben Abdallah, R. A., H. Jabnoun-Khiareddine, A. Nefzi, S. Mokin-Tilli, and M. Dammi-Remadi. 2016. Biocontrol of fusarium wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Solanum elaeagnifolium* stems. J. Phytopathol. 164 (10): 811-824.

Bergevin, M., G. P. L'Heureux, and C. Willemot. 1993. Tomato fruit chilling tolerance in relation to internal atmosphere after return to ambient temperature. HortScince 28 (2): 138-140.

Bertin, N., M. Buret, and C. Gary. 2001. Insights into the formation of tomato quality during fruit development. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (6): 786-792.

Bhagwan, A., Y. N. Reddy, and P. V. Rao. 2000. Postharvest application of polyamines to improve the shelf-life of tomato fruit. Indian J. Hort. 133-138.

Bhatt, R. M. et a. 2015. Interspecific grafting to enhance physiological resilence to flooding stress in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Sci. Hort. 182: 8-17.

Bhuvaneshwari, V., N. Goel, and P. K. Paul. 2015. Bioelicitors induce association of defence enzymes with cell walls of *Lycopersicom esculentum*. J. Phytopathol. 163 (11/12): 886-897.

Biswas, P. et al. 2012. Intermittent warming during low temperature storage reduces tomato chilling injury. Posharvest Biol. Technol. 74: 71-78.

Boben, J. et al. 2007. Detection and quantification of tomato mosaic virus in irrigation waters. Europ. J. Plant Pathol. 118 (1): 59-71.

Bolarin, M. C., F. Pérez-Alfocea, F. A. Cano., M. T. Estañ, and M. Caro. 1993. Growth, fruit yield, and ion concentration in tomato genotypes after pre- and post-emergence salt treatments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 (5): 655-660.

Bollig, K., A. Specht, S. S. Myint, M. Zahn, and W. J. Horst. 2013. Sulphur supply impairs spread of *Verticillium dahliae* in tomato. Europ. J. Plant Pathol. 135 (1): 81-96.

Boon, J. van der. 1973. Influence of K/Ca ratio and drought on physiological disorders in tomato. Netherlands J. Agric. Sci. 21: 56-67.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI Publishing, Wallingford, UK. 358 p.

Boyle, J. S. 1994. Abnormal ripening of tomato fruit. Plant Disease 78 (10): 936-944.

Branthôme, X., Y. Plé, and J. R. Machado. 1994. Influence of drip irrigation on the technological characteristics of processing tomatoes. Acta Hort. No. 376: 285-290.

Brecht, J. K. 1987. Locular gel formation in developing tomato fruit and the intiation of ethylene production. HortScinece 22: 476-479.

Brown, S. L. and J. E. Brown. 1992. Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips populations and damage to tomato. HortTechnology 2: 208-211.

Brown, M. M. and L. C. Ho. 1993. Factors affecting calcium transport and basipetal IAA movement in tomato fruit in relation to blossom-end rot. Journal of Experimental Botany 44 (264): 1111-1117.

Boyette, M. D., D. C. Sanders, and E. A. Estes. 2007. Postharvest cooling and handling of field- and greenhouse-grown tomatoes. NCSU extension program on tomato postharvest. 10 p. The Internet.

Bu, J., Y. Yu, G. Aisikaer, and T. Ying. 2013. Postharvest UV-C radiation inhibits the production of ethylene and the activity of cell wall-degrading enzymes during softening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 86: 337-345.

Bu, J. et al. 2014. Postharvest ultraviolet-C irradistion suppressed Psy 1 and Lcy-β expression and altered color phenotype in tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. Postharvest Biol. Technol. 89: 1-6.

Bucheli, P. et al. 1999. Definition of nonvolatile markers for flavor of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as tools in selection and breeding. J. Agr. Food Chem. 47 (2): 659-664.

Buttery, R. G., G. R. Takeoka. G. E. Krammer, and L. C. Ling. 1994. Identification of 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3-(2H)-furanone (furaneol) and 5-methyl-4-hydroxy-3-(2H)-furanone in fresh and processed tomato. Lebensmittel-Wisenschaft & Technologie 27 (6): 592-594. (c.a. Hort. Abstr. 66: 547;1996).

Buysens, S., M. Höfte, and J. Poppe. 1995. biological control of *Pythium* sp. in soil and nutrient film technique system by *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2. Acta Horticulturae No. 382: 238-243.

Cal, A. D. E., S. Pascal, and P. Melgarejo. 1994. Lytic enzymes in the biological control of Fusarium wilt of tomato. In: Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases - 1994, vol. 3. Farnham, UK.

Candir, E., A. Candir, and F. Sen. 2017. Effects of aminoethoxyvinglglycine treatment by vaccum infiltration method on postharvest storage and shelf life of tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 125: 13-25.

Cano, E. A., M. C. Bolarin, F. Perez-Alfocea, and M. Caro. 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. J. Hort. Sci. 66: 621-628.

Cano, A., M. Acosta, and M. B. Arnao. 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Postharvest Biol. Technol. 28: 59-65.

Cantliffe, D. J. and Y. Abebe. 1993. Priming Solarset tomato seeds to improve germination at high temperature. Proc. Florida Hort. Soc. 106: 177-183.

Cao, B. L., Q. Ma, Q. Zhao, L. Wang, and K. Xu. 2015. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. Sci. Hort. 194: 53-62.

Casa, R. and Y. Rouphael. 2014. Effects of partial root-zone drying irrigation on yield, fruit quality, and water-use efficiency in processing tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 89 (4): 389-396.

Casas Diaz, A. V., J. D. Hewitt, and D. Lupushnner. 1987. Effects of parthenocarpy on fruit quality in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 634-637.

Cavallaro, V., G. Mouromicale, and G. di Vicenzo. 1994. Effects of osmoconditioning on emergence characteristics of the tomato. Acta Hort. No. 362: 213-220.

Chaichi, M. R., R. Keshavarz-Afshar, B. Lu, and M. Rostamza. 2017. Growth and nutrient uptake of tomato in response to application of saline water, biological fertilizer, and surfactant. J. Plant Nutr. 40 (4).

Chandel, S., E. J. Allan, and S. Woodward. 2009. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on tomato by *Brevibacillus brevis*. J. Phytopathol. 158 (7-8): 470-478.

Charles, W. B. and R. E. Harris. 1972. Tomato fruit set at high and low temperatures. Canad. J. Plant Sci. 52: 497-506.

Charles, M. T., A. Goulet, and J. Arul. 2008. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. IV. Biochemical modifications of structural barriers. Postharvest Biol. Technol. 47 (1): 41-53

Chellemi, D. O., S. M. Olson, and D. J. Mitchell. 1994. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in northern Folrida. Plant Disease 78 (12): 1167-1172.

Chen, J. R. et al. 2014. Combination effect of chitosan and methyl jasmonate on controlling *Alternaria alternata a*nd enhancing activity of cherry tomato fruit defense mechanisms. Crop. Prot. 56: 31-36.

Chen, L. et al. 2014. Growth promotion and induction of antioxidant system of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) by endophyte TPs-04 under low night temperature. Sci. Hort. 176: 143-150.

Cheema, A., P. Padmanabhan, J. Subramanian, T. Blom, and G. Paliyath. 2014. Improving quality of greenhouse tomato (*Solanum lycopesicum* L.) by pre-and post-harvest applications of hexanal-containing formulations. Post Harvest Biol. Technol. 95: 13-19.

Choi, Y. H., J. W. Cheong, G. B. Kweon, and K. Y. Kang. 1996. Effect of low nighttime temperature in the nursery on growth of seedlings, field-grown plants and yield of tomato in late raising (In Korean with English summary). RDA J. Agric. Sci., Hort. 38 (2): 421-426. c.a. Hort. Abstr. 67 (10): Abstr. 8625; 1997.

Choi, S. T., O. Tsouvaltzis, C. I. Lim, and D. J. Huber. 2008. Suppression of ripening and induction of asynchronous ripening in tomato and avocado fruit subjected to complete or partial exposure to aqueous solutions of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Technol. 48 (2): 206-214.

Choi, S. T., D. J. Huber, J. G. Kim, and Y. P. Hong. 2009. Influence of chlorine and mode of application on efficacy of aqueous solutions of 1-methylcyclopropene in delaying tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening. Postharvest Bio. Technol. 53 (1-2): 16-21.

Chomchalow, S., N. M. El Assi, S. A. Sargent, and J. K. Brecht. 2002. Fruit maturity and timing of ethylene treatment affect storage performance of green tomatoes at chlling and nonchilling temperatures. HortTechnology 12 (1): 104.

Choudhury. S. H. and A. H. M. Farouque. 1973. Effect of PCA and GA on seeldessness of tomatoes. Bangldesh Hort. 1: 13-16.

Cliff, M., S. Lok, C. Lu, and P. M. A. Toivonen. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. Postharvest Biol. Technol. 53 (1-2): 11-15.

Cohen, Y. 1994. Local and systemic control of *Phytophthora infestans* in tomato plants by DL-3-amino-n-butanoic acids. Phytopathology 84 (1): 55-59.

Cohen, Y. and U. Gisi. 1994. Systemic translocation of ^{14}C-DL-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against *Phytophthora infestans*. Physiological and Molecular Plant Pathology 45 (6): 441-456.

Cohen, S. and V. Melamed-Madjar. 1978. Prevention by soil mulching of the spread of tomato yellow leaf curl virus transitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Israel. Bul. Ent. Res., Israel 68: 465-470.

Cohen, S., V. Melamed-Madjar, and J. Hameiri. 1974. Prevention of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera, Aleyrodidae) in Israel. Bul. Ent. Res. Israel 64: 193-197.

Copeman, R. H., C. A. Martin, and J. C. Stutz. 1996. Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline or nonsaline soils. HorScience 31 (3): 341-344.

Corella, P., J. Cuartero, F. Nuez, and M. Baguena. 1986. Development time of parthenocarpic tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits chemically and genetically induced. J. Hort. Sci. 61: 103-108.

Costa, H. S., D. E. Ullman, M. W. Johnson, and B. E. Tabashnik. 1993. Antibiotic oxytetracylcline interferes with *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition, development, and ability to induce squash silverleaf. Annals of the Entomological Society of America 86 (6): 740-748. (c.a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74: 389).

Coqueiro, D. S. O., M. Maraschin, and R. M. di Piero. 2011. Chitosan reduces bacterial spot severity and acts in phenylpropanoid metabolism in tomato plants. J. Phytopathol. 159: 488-494.

Cozmuta, A. M. et al. 2016. Effect of monochromatic far-red light on physical-nutritional-microbiological attributes of red tomatoes during storage. Sci. Hort. 211: 220-230.

Craft, C. C. and P. H. Heinze. 1954. Physiological studies of mature-green tomatoes in storage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64: 343-350.

Cramer, M. D. and S. H. Lips. 1995. Enriched rhizosphere CO_2 concentrations can ameliorate the influence of salinity on hydroponically grown tomato plants. Physiologia Plantarum 94 (3): 425-432.

Cruz-Mendivil, A. et al. 2015. Transcriptional changes associated with chilling tolerance and susceptibility in 'Micro-Tom' tomato fruit using RNA-Seq. Postharvest Biol. Technol. 2015: 141-151.

Csizinsky, A. A., D. J. Schustter, and J. B. Kring. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (5): 778-784.

Curme, J. H. 1962. Effect of low night emperatures on tomato fruit set, pp. 99-108. In: Proceedings of plant science symposium. Campbell Soup Company, Camden, N. J.

Darrigues, A., W. Yang, and D. M. Francis. 2008. DNA-microarray detection of molecular markers for improving color and nutritional quality in tomato. Acta Hort. No. 789: 241-248.

D'Aquino, S. et al. 2016. Influence of modified atmosphere packaging on postharvest quality of cherry tomatoes held at 20 ˚C Postharvest Biol. Technol. 115: 103-112.

Davis, R. M., E. M. Miyao, R. J. Mullen, J. Valencia, D. M. May, and B. J. Gwynne. 1997. Benefits of applications of chlorothalonil for the control of black mould of tomato. Plant Disease 81 (6): 601-603.

De Cal, Garcia-Lepe, Pascual, and Melgarejo. 1999. Effects of timing and method of application of *Penicillium oxalicum* on efficacy and duration of control of fusarium wilt of tomato. Plant Pathol. 48 (2): 260-266.

De Carvalho Pontes, N. et al. 2016. Intervals and number of applications of acibenzolar-S-methyl for the control of bacterial spot on processing tomato. Plant Dis. 100 (10): 2126-2133.

De Curtis, F., G. Lima, D. Vitullo, and V. de Cicco. 2010. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* on tomato by delivering antagonistic bacteria through a drip irrigation system. Crop Prot. 29 (7): 663-670.

De Jong, M., C. Mariani, and W. H. Vriezen. 2009. The role of auxin and gibberellin in tomato fruit set. J. Exp. Bot. 60 (5): 1523-1532.

De Kreij, C. 1996. Interactive effects of air humidity, calcium and phosphate on blossom-end rot, leaf deformation, production and nutrient contents of tomato. J. Plant Nutr. 19 (2): 361-377.

De Kreij. C., J. Janse, B. J. Van Goor, and J. D. J. van Doesburg. 1992. The incidence of calcium oxalate crystas in fruit walls of tomato (*Lycopersicon essulentum* Mill.) as affected by humidity, phosphate and calcium supply. J. Hort. Sci. 67: 45-50.

Delberdt, P. et al. 2015. *Crotalaria spectabilis* and *Rhaphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. J. Phytopathol. 163 (5): 377-385.

De León-Sánchez, F. D. et al. 2009. Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 54 (2): 93-100.

Dell'Amico, J., D. Morales, E. Jerez, W. Torres, M. J. Sánchez-Blanco, and M. C. Ruiz-Sánchez. 1994. Response of different tomato cultivars to flooding conditions. Agricoltura Mediterranea 124 (1): 21-28. (c.a. Hort. Abstr. 65: 429; 1995).

De Pascale, S., A. Maggio, F. Orsini, C. Stanghellini, and E. Heuvelink. 2015. Growth response and radiation use efficiency in tomato exposed to short-term and long-term salinized soils. Sci. Hort. 189: 139-149.

Dhakal, R. and K.-H. Baek. 2014. Short period irradiation of single blue wavelength light extends the storage period of mature green tomatoes. Postharvest. Biol. Technol. 90: 73-77.

Dieleman, J. A. and E. Heuvelink. 1992. Factors affecting the number of leaves preceeding the first inflorescence in the tomato. J. Hort. Sci. 67: 1-10.

Dik, A. J., G. Koning, and J. Köhl. 1999. Evaluation of microbial antagonists for biological control of *Botrytis cinerea* stem infection in cucumber and tomato. Europ J. Plant Pathol. 105 (2): 115-122.

Dinar, M. and M. A. Stevens. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 415-418.

Ding, et al. 2015. The role of gibberellins in the mitigation of chilling injury in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biol. Technol. 101: 88-95.

Dodds, G. T., L. Trenholm, and C. A. Madramootoo. 1996. Effects of water table and fertilizer management on susceptibility of tomato to chilling injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (3): 525-530.

Dolittle, S. P., A. L. Taylor, and L. L. Danielson. 1961. Tomato diseases and their control. U. S. Dept. Agr. Handbook No. 203. 86 pp.

Dong, J. H. et al. 2007. First report of tomato yellow leaf curl China virus infecting kidney bean in China. Plant Pathol. 56 (2): 342.

Dong, X., D. J. Huber, J. Rao, and J. H. Lee. 2013. Rapid ingress of gaseous 1-MCP and acute suppression of ripening following short-term application to midclimacteric tomato under hypobaria. Postharvest Biol. Technol. 86: 285-290.

Dorais, M., O. Ayari, G. Samson, and A. Gosselin. 2001. Does carbohydrate accumulation affect the photosynthetic efficiency of tomato leaves?. Acta Hort. No. 554: 251-260.

Dorais, M., D. A. Demers, A. P. Papadopoulos, and W. van Ieperen. 2004. Greenhouse tomato fruits cuticle cracking. Hort. Rev. 30: 163-184.

Dvir, O. et al. 2009. Low humidity after harvest changes abscission site in bunch cherry tomatoes. J. Sci. Food. Agric. 89 (9): 1519-1525.

El-Ahmadi, A. B. 1977. Genetics and physiology of high temperature fruit-set in tomato. Ph. D. thesis, Univ. Calif., Davis.

El-Ahmadi, A. B. and M. A. Stevens. 1979. Reproductive responses of heat tolerant tomato to high temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 686-691.

El-Gizawy, A. M., H. M. Gomaa, K. M. El-Habbasha, and S. S. Mohamed. 1993. Effects of different shading levels on tomato plants. I. Growth, flowring and chemical composition. Acta Horticulturae No. 323: 341-347.

El-Gizawy, A. M., M. M. F. Abdallah, H. M. Gomaa, and S. S. Mohamed. 1993. Effect of different shading levels on tomato plants. 2. Yield and fruit quality. Acta Hort. No. 323: 349-354.

El-Shami, M. A., D. E. Salem, F. A. Fadl, and M. M. El-Zayat. 1990a. Soil solarization and plant disease management. III. Effect of solarization of soil infested with Fusarium wilt pathogen on the growth and yield of tomatoes. Agric. Res. Rev. 68 (3): 613-623.

El-Shami, M., D. E. Salem, F. A. Fadl, W. E. Ashour, and M. M. El-Zayat. 1990b. Soil solarization and plant disease managements. II. Effect of soil solarizaation in comparison with soil fumigation on the management of Fusarium wilt of tomato. Agric. Res. Rev. 68 (3): 601-611.

Emmons, C.L. W. and J. W. Scott. 1997. Environmental and physiological effects on cuticle cracking in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122 (6): 797-801.

Emmons, C. L. W. and J. W. Scott. 1998 a. Diallel analysis of resisitance to cuticle cracking in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (1): 67-72.

Emmons, C. L. W. and J. W. Scott. 1998b. Ultrastrucural and anamtomical factors assoiated with resistance to cuticle cracking in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). International J. Plant Sci. 159 (1): 14-22.

Erickson, P. I., L. M. Cello, L. W. Froelich, and J. T. Bahr. 1990. Rhizogenic response of tomato genotypes to *Agrobacterium rhizogenes* inoculation. J. Hort. Sci. 65: 333-337.

Fagundes, C., L. Palou, A. R. Monteiro, and M. B. Pérez-Gago.2014. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible eoatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 92: 1-8.

Fagundes, C. et al. 2015. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. Postharvest Biol. Technol. 109: 73-81.

Fagundes, C., L. Palou, A. R. Monteiro, and M. B. Pérez-Gago. 2015. Hydroxypropyl methylcellulose-bee wax edible coatings formulated with antifungol food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. Sci. Hort. 193: 249-257.

Fallik, E., J. Klein, S. Grinberg, E. Lomaniee, S. Lurie, and A. Lalazar. 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerca*. Plant Disease 77 (10): 985-988.

Fallik, E., Z. Ilic, S. Alkalai-Tuvia, A. Copel, and Y. Polevaya. 2000. A short hot water rinsing reduces chilling and enhances resistance against *Botrytis cinerea* in fresh harvested tomato. Adv. Hort. Sci. 16 (1): 3-6.

Fallik, E., Z. Ilic, S. Alkalai-Tuvia, A. Copel, and Y. Polevaya. 2002. A short hot water rinsing and brushing reduces chilling injury and enhaces resistance against *Botrytis cinerea* in fresh harvested tomato. Adv. Hort. Sci. 16 (1):: 3-6.

Fleisher, D. H., L. S. Logendra, C. Moraru, A. Both, J. Cavazzoni, T. Gianfagna , T. C. Lee, and H. W. Janes. 2006. Effect of temperature pertubations on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) quality and production scheduling. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81 (1): 125-131.

Fontenelle, A. D. B., S. D. Guzzo, C. M. M. Lucon, and R. Harakava. 2011. Growth promotion and induction of resistance in tomato plant against *Xanthomonas euvesicatoria* and *Alternaria solani* by *Trichoderma* spp. Crop. Prot. 30: 1492-1500.

Fourie, H., P. Ahuja, J. Lammers, and M. Daneel. 2016. Brassicacea-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: a synopsis. Crop Prot. 80: 21-41.

Fousia, S., E. J. Paplomatas, and S. E. Tjamos. 2015. *Bacillus subtilis* QST 713 confers protection to tomato plants against *Pseudomonas syringae* pv *tomato* and induces plant defence-related genes. J. Phytopathol. 164 (4): 264-270.

Fuchs, Y., A. Weksler, I. Rot, E. Pesis, and E. Fallik. 1995. Keeping quality of cherry tomatoes designated for export. Acta Hort. No. 398: 257-264.

Fujishige, N., T. Sugiyama, and R. Ogata. 1991. Effect of root temperature on the flower formation and fruit yield of tomatoes. (In Japanese). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 60: 97-103. (c.a. Hort. Abstr. 63: 421, 1993).

Garcia, J. M., J. M. Ballesteros, and M. A. Albi. 1995. Effect of foliar applications of $CaCl_2$ on tomato stored at different temperatures. J. Agric. Food Chem. 43 (1): 9-12.

Garcia-Cano, E., R. O. Resende, R. Fernández-Munoz, and E. Moriones. 2006. Synergistic interaction between tomato chlorosis virus and tomato spotted wilt virus results in breakdown of resistance in tomato. Phytopathology 96 (11): 1263-1269.

Gangé, S., L. Dehbi, D. le Quéré. F. Cayer. J. L. Morin, R. Lemay, and N. Fournier. 1993. Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat-based growing media. Soil Biology & Biochemistry 25 (2): 269-272.

Gauiter, H., C. Massot, R. Stevens, S. Sérino, and M. Génard. 2009. Regulation of tomato fruit ascorbate content is more highly dependent on fruit irradiance than leaf irradiance. Ann. Bot. 103 (3): 495-504.

Gávate, A., A. I. del Barrio, and J. M. Penalosa. 1991. Influence of calcium supply on blossom end rot in tomato plants. Agrochimica 35 (4): 356-361.

Geisenberg, C. and K. Stewart. 1986. Field crop management, pp. 511-557. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Gerard, C. J. and B. W. Hipp. 1968. Blossom-end rot of 'Chico' and 'Chico Grande' tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93: 521-531.

Ghini, R., W. Bettiol, C. A. Spadotto, G. J. de Moraes, L. C. Paraiba, and J. L. de C. Mineiro. 1993. Soil solarization for the control of tomato and eggplant verticllium wilt and its effect on weed and micro-arthopod communities. Summa Phytopathologica 19 (3-4): 183-189.(c.a. Hort. Abstr. 65: 2191; 1995).

Gilardi, G., M. Lodovica, and A. Garibaldi. 2013. Critical aspects of grafting as a possible strategy to manage soil-borne pathogens. Sci. Hort. 149: 19-21.

Gioia, F. di, F. Serio, D. Buttaro, O. Ayala, and P. Santamaria. 2010. Influence of rootstock on vegetative growth, fruit yield and quality in 'Cuore di Bue', an heirloom tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 85 (6): 477-482.

Giorgini, M. and G. Viggiani, 1994. Results of an integrated control trial against *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) on fresh tomatoes in protected cultivation (second crop). (In Italian with English summary). Infornatore fitopatologico 44 (7-8): 49-53. (c.a. Hort. Abstr. 66: 1457; 1996).

Giotis, C. et al. 2009. Effect of soil amendments and biological control agents (BCAs) on soil-borne root diseases caused by *Pyrenochaeta lycopersici* and *Verticillium albo-atrum* in organic greenhouse tomato production systems. Europ. J. Plant Pathol. 123 (4): 387-400.

Gong, B. et al. 2013. Efficacy of garlic straw application against root-knot nematodes on tomato. Sci. Hort. 161: 49-57.

Gooding, G. V., Jr. 1975. Inactivation of tobacco mosaic virus in tomato seed with trisodium orthophosphate and sodium hypochlorite. Plant Disease Reporter 59: 770-772.

Gould, W. A. 1974. Tomato production processing and quality evaluation. The AVI Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 445 p.

Grange, R. I. and J. Andrews. 1993. Growth rates of glasshouse tomato in relation to final fruit size, J. Hort. Sci. 68: 747-754.

Greenleaf, W. H. and F. Adams. 1969. Genetic control of blossom-end rot disease in tomatoes through calcium metabolism. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94: 248-250.

Greenough, D. R., L. L. Black, and W. P. Bond. 1990. Aluminum-surfaced mulch: an approach to the control of tomato spotted wilt virus in solanaceous crops. Plant Disease 74: 805-808.

Grierson, D. and A. A. Kader. 1986 Fruit ripening and quality, pp. 241-280. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Grimbly, P. E. 1981. Variation in the cytoplasm of wild and cultivated tomatoes, pp. 229-233. In: J. Philouze (ed.). Gentics and breeding of tomato. I.N.R.A., Versailles, France.

Groot, S. P. C. and C. M. Karssen. 1992. Dormancy and germination of abscisic acid-deficient tomato seeds. Studies with the sitiens mutant. Plant Physiology 99 (3): 952-958.

Guo, Q. et al. 2014. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 93: 9-14.

Guo, J. et al. 2016. Expression of the LePR5 gene from cherry tomato fruit induced by *Cryptococcus laurentii* and the analysis of LePR5 protein antifungal activity. Postharvest Biol. Technol. 111: 337-344.

Haghigh, M., R. Abolghasemi, and J. A. Teixeira da Silva. 2014. Low and high temperature stress affect the growth characteristics of tomato in hydroponic culture with Se and nano-Se amendment. Sci. Hort. 178: 231-240.

Hakim, A., E. Kaukovirta, E. Pehu, I. Voipio, and A. C. Purvis. 1997. Reducing chilling injury of cold-stored tomato fruit by intermittent warming. Adv. Hort. Sci. 11 (3): 142-146.

Hamauzu, Y., Y. Miyamoto, and K. Chachin. 1994. Effect of high temperatures on the change of carotenoid contents in tomato fruit after harvest. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 63 (3): 675-684. (c.a. Hort. Abstr. 65 (8): 7129; 1995).

Hamson, A. R. 1952. An objective method of measuring firmness in tomatoes and factors which condition firmness. Ph. D. thesis, Cornell Univ. 118 p.

Hanif-Khan, S., J. K. Brecht, C. A. Powell, and P. J. Stoffella. 1999. Ethylene levels and fruit quality of silverleaf whitefly-infested dwarf cherry tomato. Proc. Florida State Hort. Soc. No. 112: 134-138.

Hanna, H. Y. 1999. Assisting natural wind pollination of field tomatoes with an air blower enhances yield. HortScience 34 (5): 846-847.

Harel, Y. M., Z. H. Mehari, D. Rav-David, and Y. Elad. 2014. Systemic resistance to gray mold induced in tomato by benzothiadiazole and *Trichoderma harzianum* T39. Phytopathology 104 (2): 150-157.

Hartz, T. K., C. Giannini, G. Miyao, J. Valencia, M. Chan, R. Mullen, and K. Brittan. 1999a. Soil cation balance affects tomato fruit color disorders. Acta Hort. No. 487: 49-55.

Hartz, T. K., G. Miyao, R. J. Mullen, M. D. Cahn, J. Valencia, and K. L. Brittan. 1999b. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124 (2): 199-204.

Hashem, E. K. 1997. Sabahya 101 and Sabahya 102, two new locally introduced tomato hybrids for processing. Alex. J. Agric. Res. 42 (1): 195-206.

Hashem, M. and K. A. Abo-Elyousr. 2011. Management of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato with combinations of different biocontrol organisms. Crop Prot. 30: 285-292.

Hassan, M. A. E. and H. Bauchenauer. 2009. Enhanced control of bacterial wilt of tomato by DL-3-aminobutyric acid and the fluorescent *Pseudomonas* isolate CW2. J. Plant Dis. Prot. 115 (5): 199-207.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1982. Tomato evaluation and selection for sodium chloride tolerance. Egypt. J. Hort. 9: 153-162.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1986. Salinity tolerance in tomato. Evaluation methods and use of wild *Lycopersicon* species in breeding and genetic studies. Egypt. J. Hort. 13: 159-170.

Hayslip. N. C. and J. R. Iley. 1967. Influence of potassium fertilizer on severity of tomato graywall. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80: 182-186.

Hemphill. D. D. 1949. Importance of time of application of hormone sprays to tomato. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54: 261-264.

Hewitt, J. D. and M. A. Stevens. 1981. Growth analysis of two genotypes differing in total fruit solids content. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 723-727.

Hibar, K., M. Daami-Remadi, W. Hamada, and M. El-Mahjoub. 2006. Bio-fungicides as an alternative for tomato *Fusarium* crown and root rot control. Tunisian J. Plant Prot. 1 (1): 19-29.

Higashide, T. 2009. Prediction of tomato yield on the basis of solar radiation before anthesis under warm greenhouse conditions. HortScience 44: 1874-1878.

Hilje, L., H. S. Costa, and P. A. Stansly. 2001 Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. Crop Prot. 20 (9): 801-812.

Ho, L. C. 1998. Improving tomato fruit quality by cultivation, pp. 17-29. In: K. E. Cockshull, D. Gray, G. B. Seymour, and B. Thomas (eds.). Genetic and environmental manipulation of horticultural crops. CAB Publishing, Wallingford, UK.

Ho, L. C. 1999. The physiological basis for improving tomato fruit quality. Acta Hort. No. 487: 33-40.

Ho, F. C. and P. Adams. 1994. The Physiological basis for high fruit yield and susceptibility to calcium deficiency in tomato and cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 69 (2): 367-376.

Ho, L. C. and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development, pp. 201-239. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.). The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Ho, L. C., R. Belda, M. Brown, J. Andrews, and P. Adams. 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. Journal of Experimental Botany 44 (259): 509-518.

Ho, L. C., P. Adams, X. Z. Li, H. Shen, J. Andrews, and Z. H. Xu. 1995. Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation and blossm-end rot. J. Hort. Sci. 70 (6): 909-918.

Ho, L. C., D. J. Hand, and M. Fussell. 1999. Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. Acta Hort. No. 481: 463-468.

Hobson, G. E. 1987. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. J. Hort. Sci. 62: 55-62.

Hoeberichts, F. A., L. H. W. van der Plas, and E. J. Woltering. 2002. Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening-related genes and assoiciated physiological changes even at advanced stages of ripening. Postharvest Biol. Technol. 26: 125-133.

Homma, Y. and K. Ohata. 1997. Suppression of Fusarium wilt symptoms in tomato by prior inoculation with other formae specials of *F. oxysporum* and *F. solani*. (In Japanese). Bulletin of the Shikoku Agricaultural Experiment Station (Japan), No. 30: 103-114.

Hong, J. H. and S. K. Lee. 1995. Changes in cell wall materials of tomato fruits during ripening. (In Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 36 (1): 57-61. (c.a. Hort. Abstr. 65: 6072; 1995).

Hong, J. H. and S. K. Lee. 1996. Effect of ethanol treatment on the ripening of tomato fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (2): 193-196.

Hong, J. C. et al. 2011. Management of bacterial wilt in tomatoes with thymol and acibenzolar-S-methyl. Crop Prot. 30: 1340-1345.

Hou, X. et al. 2015. The influence of growth media pH on ascorbic acid accumulation and biosynthetic gene expression in tomato. Sci. Hort. 197: 637-643.

Hu, H. J. et al. 2017. Endophytic *Bacillus cereus* effectively controls *Meloidogyne incognita* on tomato plants through rapid rhizosphere occupation and repellent action. Plant Dis. 101 (3): 448-455.

Huang, J. S. and S. S. Snapp. 2004. The effect of boron, calcium, and surface moisture on shoulder check, a quality defect in fresh-market tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (4): 599-607.

Huang, C. H., P. D. Roberts, and L. E. Datnoff. 2011. Silicon suppresses fusarium crown and root rot of tomato. J. Phytopathol. 159 (7/8): 546-554.

Huang, C. H. et al. 2012. Effect of application frequency and reduced rates of acibenzolar-S-methyl on the field efficacy of induced resistance against bacterial spot on tomato. Plant Dis. 96 (2): 221-227.

Huang, W., S. Liao, H. Lv, A. B. M. Khaldun, and Y. Wang. 2015. Characterization of the growth and fruit quality of tomato grafted on a woody medicinal plant, *Lycium chinense*. Sci. Hort. 197: 447-453.

Hurd. R. G. and A. J. Cooper. 1967. Increasing flower number in single-truss tomatoes. J. Hort. Sci. 42: 181-188.

Hurd, R. G. and A. J. Cooper. 1970. the effect of early low temperature treatment on the yield of single-inflorescence tomatoes. J. Hort. Sci. 45: 19-27.

Ibrahim. A., M. Khalifa, M. Hafez, and M. A. Ghafar. 1993. Transpiration control and growth of tomato and squash plants. Egypt. J. Soil Sci. 33 (2): 135-148.

Inaba. M. and K. Chachin. 1998. influence of and recovery from high-temperature stress on harvested mature green tomatoes. HortScience 23: 190-192.

Inaba, M. and P. G. Crandall. 1988. Electroyte leakage as an indicator of high-temperature injury to harvested mature green tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 96-99.

Islam, M. S., T. Matsui, and Y. Hoshida. 1995. Effect of preharvest carbon dioxide enrichment on the postharvest quality of tomatoes. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 64 (3): 649-655. (c.a. Hort. Abstr. 66: 3269; 1996).

Iwahori, Y., J. Bai, and E. Baldwin. 2016. Antiodixdative responses of ripe tomato fruit to postharvest chilling and heating treatments. Sci. Hort. 198: 398-406.

Jackman. R. L., A. G. Maragoni, and D. W. Stanley. 1990. Measurement of tomato fruit firmness. HortScience 25: 781-783.

Ji, P. et al. 2006. Intergrated biological control of bacterial speck and spot of tomato under field conditions using foliar biological control agents and plant growth-promoting rhizobacteria. Biol. Cont. 36 (3): 358-367.

Jiang, J. F., J. G. Li, and Y. H. Dong. 2013. Effect of calcium nutrition on resistance of tomato against bacterial wilt induced by *Ralstonia solanacearum*. Europ. J. Plant Pathol. 136 (3): 547-555.

Jogaiah, S., M. Abdelrahman, L. S. P. Tran, and I. Shin-Ichi. 2013. Characterization of rhizosphere fungi that mediate resistance in tomato against bacterial wilt disease. J. Exp. Bot. 64 (12): 3829-3842.

Kanahama, K. 1994. Studies on fruit vegetables in Japan. Hort. Abstr. 64 (1): 1-15.

Kang, J. S. and J. L. Cho. 1996. Effect of optimal priming conditions on seed germination and seedling growth of tomato. In Korean with English summary. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (5): 645-651. c.a. Hort. Abstr. 67 (7): Abstr. 1337; 1997.

Kang, J. S., J. L. Cho, and Y. O. Jeong. 1996. Morphological changes of primed and un-primed tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds during germination. In Korean with English summary. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37 (2): 206-213. c.a. Hort. Abstr. 66 (12): Abstr. 10543; 1996.

Kang, J. S., Y. W. Choi, and J. L. Cho. 1998. Effect of dehydration conditions on the germination and membrane integrity of tomato seeds after priming. In Korean with English summary. J. Korean Soc. Hort. Sci. 39 (3): 250-255. c.a. Hort. Abstr. 68 (11): Abstr. 9629; 1998.

Kashima, T. et al. 2015. Acetylated glyceride: a novel repellant which interferes with tomato yellow leaf curl virus acquisition and its transmission by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Crop Prot. 75: 144-150.

Kaskavalci, G., Y. Tuzel, O. Dura, and G. B. Oztekin. 2009. Effects of alternative methods against *Meloidogyne incognita* in organic tomato production. Ekoloji 18 (72): 23-31.

Kavroulakis, N., S. Ntougias, G. I. Zervakis, C. Ehaliotis, K. Haralampidis, and K. K. Papadopoulou. 2007. Role of ethylene in the protection of tomato plants against soil-borne fungal pathogens conferred by an endophytic *Fusarium solani* strain. J. Exp. Bot. 58 (14): 3853-3864.

Kedar, N. and D. Palevitch. 1970. Structural changes in hollow tomato fruits. Israel J. Agric. Res. 20: 87-90.

Kell, K. and T. Jaksch. 1998. Comparison of rootstocks in tomato. In German. Gemüse (Müunchen) 34 (12): 700, 702-704. c.a. Hort. Abstr. 69 (4): Abstr. 3169; 1999.

Kerkeni, A., M. Daami-Remadi, N. Tarchoun, and M. Ben Khedher. 2008. Effect of bacterial isolates obtained from animal manure compost extracts on the development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Asian J. Plant Pathol. 2 (1): 15-23.

Kidson, E. B. 1956. Water culture experiments on nutrititional problems of the tomato. Trien. Rep. Cawthron Inst. 1995/1956. pp. 48-49.

Kim, J. Y. 2015. Sound waves delays tomato fruit ripening by negatively regulating ethylene biosynthesis and signaling genes. Postharvest Biol. Technol. 110: 73-50.

Kim, J. H. and S. C. Min. 2017. Microwave-powered cold plasma treatment for improving microbiological safety of cherry tomato against *Salmonella*. Postharvest Biol. Technol. 127: 21-26.

Kinet, J. M. and M. M. Peet. 1997. Tomato, pp. 207-258. In: H. C. Wien (ed). The physiology of vegetable crops. CAB International, Wallingford, UK.

Klopotek, Y. and H. P. Kläring. 2014. Accumulation and remobolisation of sugar and starch in the leaves of young tomato plants in response to temperature. Sci. Hort. 180: 262-267.

Kluge, R. A., D. S. Rodrigues, and K. Minami. 1998. Intermittent warming of tomatoes: effects upon chilling injury. (In Portuguese with English summary). Hort. Brasileira 16 (1): 4-6. c.a. Hort. Abst. 69: Abst. 2264; 1999.

Ko, W. H., S. Y. Wang, T. F. Hsich, and P. J. Ann. 2003. Effects of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici* J. Phytopathol. 151: 144-148.

Kramer, M. G. and K. Redenhaugh. 1994. Commercialization of tomato with an antisense polygalacturonase gene: the FLAVRSAVR^{TM} tomato story. Euphytica 79: 293-297.

Krumbein, A. and H. Auerswald. 1998. Characterization of aroma volatiles in tomatoes by sensory analyses. Nahrung/Food 42: 395-399

Krumbein, A. and D. Schwarz. 2013. Grafting: a possibility to enhance health-promoting and flavour compounds in tomato fruits of shaded plants. Sci. Hort. 149: 97-107.

Krumbein, A., P. Peters, and B. Bruckner. 2004. Flavour compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of different cultivars in short-term storage. Postharvest Biol. Technol. 32: 15-28.

Kumar, P., M. Edelstein, M. Cardarelli, E. Ferri, and G. Colla. 2015. Grafting affects growth, yield, nutrient uptake, and partioning under cadmium stress in tomato. HortScience 50 (11):: 1654-1661.

Kunwar, S. et al. 2015. Grafting using rootstocks with resistance to *Ralstonia solanacearum* against *Meloidogyne incognita* in tomato production. Plant Disease 99 (1): 119-124.

Kuo, C. G. and C. T. Tsai. 1984. Alteration by high temperature of auxins and gibberellin concentrations in the floral buds, flowers, and young fruit of tomato. HortScience 19: 870-872.

Kuo, C. G., B. W. Chen, M. H. Chou, C. L. Tsai, and T. S. Tsay. 1979. Tomato fruit-set at high temperatures, pp. 94-108. In: Proceedings of the lst symposium on tropical tomato. Asian Vegetable Research and Devolpment Center, Shanhua, Taiwan.

Kuo, C. G., H. M. Chen, and L. H. Ma. 1986. Effect of high temperature on proline content in tomato floral buds and leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 (5): 746-750.

Kurabachew, H. and K. Wydra. 2014. Induction of systemic resistance and defense-related enzymes after elicitation of resistance by rhizobacteria and silicon application against *Ralstonia solanacearum* in tomato (*Solanum lycopersicum*). Crop Prot. 57: 1-7.

Lafontaine, P. J. and N. Benjamou. 1996. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants to infection by *Fusarium oxysporium* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biocontrol Science and Technology 6 (1): 111-124.

Lai, T., T. Wang, B. Li, G. Qin, and S. Tian. 2011. Defense response of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage. Postharvest Biol. Technol. 62: 127-132.

Latha, P., T. Anand, N. Ragupathi, V. Prakasam, and R. Samlyappan. 2009 Antimicrobiol activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. Biological Control 50 (2): 85-93.

Lee, J. M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. HortScience 29 (4): 235-239.

Lee, Y. S. and K. Y. Kim. 2016. Antagonistic potential of *Bacillus pumilus* L1 against root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria*. J. Phytopathol. 164 (1): 29-39.

Lee, G. H., J. M. Bunn, Y. J. Han, and G. D. Christenbury. 1997. Ripening characteristics of light irradiated tomatoes. J. Food Sci. 62 (1): 138-140.

Lee, T. Y., I. Simko, and W. E. Fry. 2002. Genetic control of aggressiveness in *Phytophthora infestans* to tomato. Canad. J. Plant Pathol. 24: 471-480.

Le Strange, M., W. L. Schrader, and T. K. Hartz. 2000. Fresh-market tomato production in California. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8017. 8 p.

Leviatov, S., O. Shoseyov, and S. Wolf. 1995. Involvement of endomannase in the control of tomato seed germination under low temperature conditions. Annals of Botany 76 (1): 1-6.

L'Heureux. G. P., M. Bergevin, J. E. Thompson, and C. Willemot. 1993. Molecular species profile of membrane lipids of tomato pericarp during chilling. Acta Horticulturae No. 343: 286-287.

Li, Y. and N. S. Mattson. 2015. Effects of seaweed extract application rate and method on post-production life of petunia and tomato transplants. HortTechnology 25 (4): 505-510.

Li, S. et al. 2015. Effects of exogenous H_2S on the germination of tomato seeds under nitrate stress. J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (1): 39-46.

Lichter, A., O. Dvir, E. Fallik, S. Cohen, R. Golan, Z. Shemer, and M. Sagi. 2002. Cracking of cherry tomatoes in solution. Postharvest Biol. Technol. 26: 305-312.

Lima, M. A., L. A. Maffia, R. W. Barreto, and E. S. G. Mizubuti. 2008. *Phytophthora infestans* in a subtropical region: survival on tomato debris, temporal dynamics of airborne sporangia and alternative hosts. Plant Pathol. 58 (1): 87-99.

Liplap, P. et al. 2013a. Tomato shelf-life extension at room temperature by hyperbaric pressure treatment. Postharvest Biol. Technol. 86: 45-52.

Liplap, P., C. Vigneault, P. Toivonen, M. T. Charles, G. S. V. Raghavan. 2013b. Effect of hyperbaric pressure and temperature on respiration rates and quality attributes of tomato. Postharvest Biol. Technol. 86: 240-248.

Liu, C., M. M. Jahangir, and T. Ying. 2012. Alleviation of chilling injury in postharvest tomato fruit by preconditioning with ultraviolet irradiation. J. Sci. Food Agr. 92: 3016-3022.

Liu, C. H., L. Y. Cai, X. Y. Lu, X. X. Han, and T. J. Ying. 2012. Effect of postharvest UV-C radiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. J. Integrated. Agr. 11 (1): 159-165.

Liu, N. et al. 2015. Sodik alkaline stress mitigation with exogenous melatonin involves reactive oxygen metabolism and ion homeostasis in tomato. Sci. Hort. 181: 18-25.

Louws, F. J., C. L. Rivard, and C. Kubota. 2010. Grafting fruiting vegetables to manage soilborne pathogens, foliar pathogens, arthopods and weeds. Sci. Hort. 127: 127-146.

Luengwilai, K., D. M. Beckles, and M. E. Saltveit. 2012. Chilling-injury of harvested tomato (*Solanum lycopesicum* L.) cv. Micro-Tom fruit is reduced by temperature pre-treatments. Postharvest Biol. Technol. 63: 123-128.

Luna, E., E. Beardon, S. Ravnskov, J. Scholes, and J. Ton. 2016. Optimizing chemically induced resistance in tomato against *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 100 (4): 704-710.

Lurie, S. and D. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1007-1012.

Lurie, S., M. Laamim, Z. Lapsker, and E. Fallik. 1997. Heat treatments to decrease chilling injury in tomato fruit. Effects on lipids, pericarp lesions and fungal growth. Physiologia Plantarum 100 (2): 297-302.

Lutz, J. M. and R. E. Hardenbug. 1968. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agric., Agric. Handbook No. 66. 94 p.

Lyon, C. B. et al. 1942. Bot. Gaz. 103: 651-667.

Lytovchenko, A. et al. 2011. Tomato fruit photosynthesis is seemingly unimportant in primary metabolism and ripening but plays a considerable role in seed development. Plant Physiol. 157: 1650-1663.

Madhavi, D. L. and D. K. Salunkhe. 1998. Tomato, pp. 171-201. In: D. K. Salunkhe and S. S. Kadam (eds.). Handbook of vegetable science and technology. Marcel & Decker, Inc. N. Y.

Magoon, C. E. 1969. Fruit & vegetable facts and pointers: tomatoes. United Fresh Fruit and Vegetable Association, Alexandria. Virginia. 44 p.

Maharaj, R., J. Arul, and P. Nadeau. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. Postharvest Biology and Technology 15 (1): 13-23.

Maletta, M. and H. W. Janes. 1987. Interrelation of root and shoot temperatures on dry matter accumulation and root growth in tomato seedlings. J. Hort. Sci. 62: 49-54.

Malis-Arad, S., S. Didi, Y. Mizrahi and E. Kopeliovitch. 1983. Pectic substances: changes in soft and firm tomato cultivars and in non-ripening mutants. J. Hort. Sci. 58: 111-116.

Mametsuka, S., Y. Yamamoto, and Y. Sibato. 1991. Measures to prevent the production of abnormal fruit at maturity in tomatoes. (In Japanese). Agriculture and Horticulture 66 (8): 937-942. (c.a. Hort. Abstr. 64: 1187; 1994).

Maniania, N. K., S. Ekesi, M. M. Kungu, D. Salifu, and R. Srinivasan. 2016. The effect of combined application of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and the release of predatory mite *Phytoseiulus longipes* for the control of the spider mite *Tetrancychus evansi* on tomato. Crop Prot. 90: 49-53.

Manikandan, R. and T. Raguchander. 2014. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* retardation through induction of defense response in tomato plants using a liquid formulation of *Pseudomonas fluorescens* (Pf1). Europ. J. Plant Pathol. 140 (3): 469-480.

Manjunath, M. et al. 2010. Biocontrol potential of cyanobacterial metabolites against damping off disease caused by *Pythium aphanidermatum* in solanaceous vegetables. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43 (7): 666-677.

Mansour, A. N. and M. N. Kasrawi. 1997. Evaluation of tolerant and susceptible cultivars to TYLCV infection. Dirasat. Agric. Sci. 24 (2): 152-159.

Martinez, V., F. M. Del Amor, and L. F. M. Marcelis. 2005. Growth and physiological response of tomato plants to different periods of nitrogen starvation and recovery. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80 (1): 147-153.

Mashela, P. W., H. A. Shimelis, and F. N. Mudau. 2008. Comparison of the effeicacy of ground wild cucumber fruits, aldicarb, and fenamiphos on suppression of root-knot nematode in tomato. J. Phytopathol. 156: 264-267.

Masuda, M. and S. Furusawa. 1991. Fruit yield and quality of tomatoes as affected by rootstocks in lon-term nutrient film technique culture (In Japanese with English summary). Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University No. 78: 17-25. (c.a. Hort. Abstr. 64: 2007; 1994).

Matsui, M. 1995. Efficiency of *Encarsia formosa* Gahan in suppressing population density of *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring on tomatoes in plastic greenhouse. (In Japanese with English summary). Japanese Journal of Applied Entomoloty and Zoology 39 (1): 25-31. (c.a. Hort. Abstr. 66: 526; 1996).

Matsuzoe, N., H. Nakamura. H. Okubo, and K. Fujieda. 1993. Growth and yield of tomato plants grafted on *Solanum* root-stocks. (In Japanese with English summary). J. Japanese Soc. Hort. Sci. 61 (4): 847-855.

Mauromicale, G. and V. Cavallaro. 1997. A. comparative study of the effects of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. Seed Science and Technology 25 (3): 399-408.

McAvoy, T., J. H. Freeman, S. L. Rideout, S. M. Olson, and M. L. Paret 2012. Evaluation of grafting using hybrid rootstocks for management of bacterial wilt in field tomato production. HortScience 47 (5): 621-625.

McCollum, T. G., P. J. Stoffella, C. A. Powell, D. J. Cantilffe, and S. Hanif-Khan. 2004. Effects of silverleaf whitefly feeding on tomato fruit ripening. Postharvest Biology and Technology 31: 183-190.

McDonald, R. E., T. G. McCollum, and E. A. Baldwin. 1996. Prestorage heat treatments influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes stored at chilling temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (3): 531-536.

McDonald, R. E., T. G. McCollum, and E. A. Baldwin. 1998. Heat treatment of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (3): 457-462.

McGlasson, W. B., J. H. Last, K. J. Shaw, and S. K. Meldrum. 1987. Influence of the non-ripening mutants rin and nor on the aroma of tomato fruit. HortScience 22: 632-634.

McKay, R. 1949. Tomato diseases: an illustrated guide to their recognition and control. Dublin at the sign of three candles. 107 p.

McKenzie, C. L. and J. P. Albano. 2009. The effect of time of sweetpotato whitefly infestation on plant nutrition and development of tomato irregular ripening disorder. HortTechnology 19 (2): 353-359.

Meck, E. D., J. F. Walgenbach, and G. G. Kennedy. 2012. Association of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) feeding and gold fleck damage on tomato fruit. Crop Prot. 42: 24-29.

Meyer, S. L. F. et al. 2015. Mustard seed meal for management of root-knot nematode and weeds in tomato production. HortTechnology 25 (2): 192-202.

Minamide, R. T. and L. C. Ho. 1993. Deposition of calclum compounds in tomato fruit in relation to calclum transport. J. Hort. Sci. 68 (5): 755-762.

Mir, N., M. Canoles, R. Beaudry, E. Baldwin, and C. P. Mehla. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcycloropene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (1): 112-120.

Mireei, S. A., S. Amini-Pozveh, and M. Nazen. 2017. Selecting optimal wavelengths for detection of insect infested tomatoes based on SIMCA- aided CFS algorithm. Postharvest Biol. Technol. 123: 22-32.

Mishra, S. 2002. Calcium chloride treatment of fruits and vegetables. The Internet.

Mitchell, J. P., C. Shennan, S. R. Grattan, and D. M. May. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 215-221.

Mizrahi, Y. 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. Plant Physiol. 69: 966-970.

Mizrahi, Y., E. Taleisnik, V. Kagan-Zur. Y. Zohar, O. Offenbach, E. Matan and R. Golan. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 202-205.

Mohsenian, Y. and H. R. Roosta. 2015. Effects of grafting on alkali stress in tomato plants: datura rootstock improve alkalinity tolerance of tomato plants. J. Plant Nutr. 38 (1): 51-72.

Molinari, S. and N. Baser. 2010. Induction of resistance to root-knot nematodes by SAR elicitors in tomato. Crop Prot. 29 (11): 1354-1362.

Montesano, F. and M. W. van Iersel. 2007. Calcium can prevent toxic effects of Na^+ on tomato leaf photosynthesis but does not restore growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132.

Moriones, E., J. Aramburu, J. Riudavets, J. Arnó, and A. Lavina. 1998. Effect of plant age at time of infection by tomato spotted wilt tospovirus on the yield of field-grown tomato. Europ. J. Plant Pathol. 104 (3): 295-300.

Morris, D. A. and A. J. Newell. 1987. The regulation of assimilate partition and inflorescence development in the tomato, pp. 379-391. In: J. G. Atherton (ed.). Manipulation of flowering. Butterwoths, London.

Mukherlee, R. K. and C. Dutta. 1965. Gibberrellic acid and crop plants: III. Induction of parthenocarpy in varieties of tomato (*Lycopersicon esculectum* Mill). Indian Agriculture 9: 84-85.

Muniappan, R. 2014. *Tuta absoluta*: the tomato leafminer. USAID. The Internet.

Murakishi, H. H. 1960. Present status of research on gray wall and internal browning of tomato. Quart. Bull. Mich. Agric. Exp. Sta. 42: 728-732.

Nagaoka, T., J. Ohra, T. Yoshihara, and S. Sakamura. 1995. Fungitoxic compounds from the roots of tomato stock. Annals of the Phytopathological Society of Japan 61 (2): 103-108. (c.a. Rev. Plant Pathol. 74: 7998; 1995).

Nguyen, X. H., K. W. Naing, Y. S. Lee, and K. Y. Kim. 2015. Isolation of butyl 2,3-dihydroxybenzoate from *Paenibacillus* elgii HOA73 against *Fusarium oxysporium* f. sp. *lycopersici*. J. Phytopathol. 163: 342-352.

Niedziela, C. E., Jr., P. V. Nelson, D. H. Willits, and M. M. Peet. 1993. Short-term salt-shock effects on tomato fruit quality, yield, and vegetative prediction of subsequent fruit quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 12-16.

Nitsch, J. P. 1962. Basic physiological processes affecting fruit development, pp. 5-21. In: Proceedings of plant science symposium. Campbell Soup Company, Camden, N. J.

Nukaya, A., K. Goto, H. Jang, A. Kano, and K. Ohkawa. 1995. Effect of K/Ca ratio in the nutrient solution on incidence of blossom-end rot and gold specks of tomato fruit grown in rockwool. Acta Horticulturae No. 396: 123-130.

Nukaya, A., K. Goto. H. Jang, A. Kano, and K. Ohkawa. 1995. Effect of NH_4-N level in the nutrient solution on the incidence of blossom-end rot and gold specks on tomato fruit grown in rockwool. Acta Horticulturae No. 401: 381-388.

Oda, M., M. Nagata, K. Tsuji, and H. Sasaki. 1996. Effects of scarlet eggplant rootstock on growth, yield, and sugar content of grafted tomato fruit. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 65 (3): 531-536.

Oda, M., K. Kitada, T. Ozawa, and H. Ikeda. 2005. Initiation and development of flower truss in 'Momotaro' tomato plants associated with night temperature, and decrease in the number of leaves under the first truss by raising plug seedlings at a cool highland. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 74 (1): 42-46.

Ohta, K., N. Ito, N. Hosoki, K. Endo, O. Kajikawa. 1993. Influence of nutrient solution concentration on cracking of cherry tomato fruit grown hydroponically. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 62: 407-412.

Ohta, K., T. Hosoki, K. Matsumoto, M. Ohya, N. Ito, and K. Inaba. 1997. Relationships between fruit cracking and changes of fruit diameter associated with solute flow to fruit in cherry tomatoes. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 65 (4): 753-759.

Ojha, S. and N. C. Chatterjee. 2011. Mycoparasitism of *Tricholderma* spp. in biocontrol of fusarial wilt of tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 44 (8): 771-782.

Oki, L. R. et al. 2017. Elimination of tobacco mosaic virus from irrigation runoff using slow sand filtration. Sci. Hort. 217: 107-113.

Oliveira, M. do R., A. M. Calado, and C. A. M. Portas. 1996. Tomato root distribution under drip irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (4): 644-648.

Olsen, M. W. and D. J. Young. 1998. Damping-off. The University of Arizona, College of Agriculture, Cooperative Extension AZ 1029. The Internet.

Olson, D. C., J. H. Oetiker, and S. F. Yang. 1995. Analysis of LE-ACS3, a 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expressed during flooding in the roots of tomato plants. Journal of Biological Chemistry 270 (23): 14056-14061. c.a. Plant Breed. Abstr. 65: 10926, 1995).

Oms-Oliu, G. et al. 2011. Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. Postharvest Biol. Technol. 62: 7-16.

Ootake, Y., Y. Ban, Y. Tanaka, and G. Hayashi. 1994. Changes of chemical constituents in tomato fruit in relation to soil moisture. (In Japanese with English summary). Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center No. 26: 209-212. (c.a. Hort. Abstr. 66: 3310; 1996).

Owen, H. R. and L. H. Aung. 1990. Genotypic and chemical influences on fruit growth of tomato. HortScience 25 (10): 1255-1257.

Ozbun, J. L., C. E. Boutonnel, S. Sadik, and P. A. Minges. 1967. Tomato fruit ripening. I. Effect of potassium nutrition on occurrence of white tissue, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91: 566-572.

Paiva, E. A. S., H. E. P. Martinez, V. W. D. Casali, and L. Padilha. 1998. Occurrence of blossom-end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity. J. Plant Nutr. 21 (12): 2663-2670.

Palti, J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag, Berlin. 243 p.

Papayiannis, L. C., N. I. Katis, A. M. Idris, and J. K. Brown. 2011. Identification of weed hosts of tomato yellow leaf curl virus in Cyprus. Plant Dis. 95 (2): 120-125.

Park, H. J., M. S. Chinnan, and R. L. Shewfelt. 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. Journal of Food Science 59 (3):568-570.

Pascual, B., J. V. Maroto, A. Bardisi, S. López-Galarza, J. Algarda, and A. San Bautista. 1999. Influence of irrigation on yield and cracking of two processing tomato cultivars. Acta Hort. No. 487: 117-120.

Pascual, B., J. V. Maroto, A. Sanbautista, S. López-Galarz, and J. Alagarda. 2000. Influence of watering on the yield and cracking of cherry, fresh-market and processing tomatoes. J. Hort. Sci. Biotech. 75 (2): 171-175.

Passam, H. C., I. C. Karapanos, P. J. Bebli, and D. Savas. 2007. A review of research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. Europ. J. Plant Sci. Biotechnol. 1 (1): 1-21.

Pasternak, D. and Y. de Malach. 1995. Irrigation with brackish water under desert conditions. X. Irrigation management of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on desert sand dunes. Agricultural Water Management 28 (2): 121-132.

Pane, C., F. Fratianni, M. Paris, F. Nazzaro, and M. Zaccardelli. 2016. Control of *Alternaria* post-harvest infections on cherry tomato fruits by wild pepper phenolic-rich extracts. Crop Prot. 84: 81-87.

Paz, O., H. W. Janes. B. A. Prevost, and C. Frenkel. 2006. Enhancement of fruit sensory quality by post-harvest applications of acetaldehyde and ethanol. J. Food Sci. 47 (1): 270-273.

Peet, M. M. 1992. Fruit cracking in tomato. HortTechnology 2: 216-219, 222-223.

Peet, M. M. and M. Bartholemew. 1996. Effect of night temperature on pollen characteristics, growth, and fruit set in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121 (3): 514-519.

Pék, Z., P. Szuvandzsiev, A. Nemenyi, and L. Helyes. 2011. The effect of natural light on changes in antioxidant content and color parameters of vine-ripened tomato (*Solanu lycopersicon* L.) fruits. HortScience 46: 583-585.

Peralta, L. and L. Hilje. 1993. Intention to control *Bemisia tabaci* on tomato with systemic insecticides incorporated in beans as a trap crop, plus oil applications. (In Spanish with English summary). Manejo Intergrado de Plagas No. 30: 21-23. (c.a. Hort. Abstr. 65: 2195; 1995).

Phae, C. G., M. Shoda, N. Kita, M. Nakano, and K. Ushiyama. 1992. Biological control of crown and root rot and bacterial wilt of tomato by *Bacillus subtilis* NB 22. Annals of the Phytopathological Society of Japan 58 (3): 329-339. (c.a. Hort. Abstr. 64: 2017; 1994).

Phatak, S. C. and S. H. Wittwer. 1965. Regulation of tomato flowering through reciprocal top-root grafting. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87: 398-403.

Phatak, S. C., S. H. Wittwer, and F. G. Teubner. 1966. Top and root temperature effects on tomato flowering. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 527-531.

Picha, D. H. 1987. Sugar and organic acid content of cherry tomato fruit at different ripening stages. HortScience 22: 94-96.

Picha, D. H. and C. B. Hall. 1981. Influence of potassium, cultivar, and season on tomato graywall and blotchy ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 704-708.

Picken, A. J. F. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Hort. Sci. 59: 1-13.

Phene, C. J., K. R. Davis, R. B. Hutmacher, and R. L. McCormick. 1987. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. Acta Horticulturae 200: 101-114.

Polston, J. E. et al. 2006. *Capsicum* species: symptomless hosts and reservoirs of tomato yellow leaf curl virus. Phytopathology 96 (5): 447-452.

Ponce-Valadez, M. et al. 2016. Effect of refrigerated storage (12.5 ˚C) tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit flavor: a biochemical and sensory analysis. Postharvest Biol. Technol. 111: 6-14.

Powell, R. K., P. J. Stoffella, and C. A. Powell. 1998. Internal tomato irregular ripening symptoms do not diminish upon storage. HortScience 33 (1): 157.

Pozo, J. et al. 2015. Effects of silicon in the nutrient solution for three horticultural plant families on the vegetative growth, cuticle, and protection against *Botrytis cinerea*. HortScence 50 (10): 1447-1452.

Preil, W. and R. Seimann. 1969. Investigations on the effect of different environmental factors on the pollen viability of tomatoes. *Lycopersicon esculentum*, especially those with hereditary tendencies towards parthenocarpy. (In German). Angew. Bot. 43: 175-193.

Premachandra, W. T. S. D., H. Mampitiyarachchi, and L. Ebssa, 2014. Nemato-toxic potential of betel (*Piper betle* L.) (Piperaceae) leaf. Crop Prot. 65: 1-5.

Pulupol, L. C., M. H. Benhoudian, and K. J. Fisher. 1996. Growth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. HortScience 31 (6): 926-929.

Punja, Z. K., G. Rodriguez, and A. Tirajoh. 2016. Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes. Crop Prot. 84: 98-104.

Ramammorthy, V., T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2002. Induction of defense-related proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Plant and Soil 239 (1): 55-68.

Ramammorthy, V., T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2002. Enhancing resistance of tomato and hot pepper to Pythium diseases by seed treatment with fluorescent Pseudomonads. Europ. J. Plant Pathol. 108 (5): 429-441.

Ramos-Garcia, M. et al. 2012. Use of chitosan-based edible coatings in combination with other natural compounds, to control *Rhizopus stolonifer* and *Escherichia coli* DH5∝ in fresh tomatoes. Crop Prot. 38: 1-6.

Rao, N. K. S. 1985. The effects of antitranspirants on leaf water status, stomatal resistance and yield in tomato. J. Hort. Sci. 60: 89-92.

Reddy, M. V. B., P. Angers, F. Castaigne, and J. Arul. 2000. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125 (6): 742-747.

Redenbaugh, K. and W. Hiatt. 1993. Field trials and risk evaluation of tomatoes genetically engineered for enhanced firmness and shelf life. Acta Horticulturae No. 336; 133-146.

Reina, J., G. Morilla, and E. R. Bejarano. 1999. First report of *Capsicum annuum* plants infected by tomato yellow leaf curl virus. Plant Dis. 83 (12): 1176.

Renquist, A. R., J. M. English, and J. B. Reid. 2001. Temperature, but not ethephon, influences fruit pH of processing tomato. HortScience 36 (4): 661-663.

Ribas-Agusti, A. 2013. Effects of different organic anti-fungal treatments on tomato plant productivity and selected nutritional components of tomato fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88 (1): 67-72.

Ristaino, J. B., K. B. Perry, and R. D. Lumsden. 1991. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. Phytopathology 81: 1117-1124.

Ritenour, M. and J. A. Narciso. 2006. Postharvest calcium chloride dips of whole tomato fruit reduce postharvest decay under commercial conditions. HortScience 41 (4): 1016-1017.

Rivard, C. L., S. O'Connell, M. M. Peet, and F. J. Louws. 2010. Grafting tomato with interspecific rootstock to manage disease caused by *sclerotium rolfsii* and southern root-knot nematode. Plant Dis. 94 (8): 1015-1021.

Rivard, C. L., S. O'Connell, M. M. Peet, R. M. Welker, and F. J. Louws. 2012. Grafting tomato to manage bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in the southeastern United States. Plant Dis. 96 (7): 973-978.

Roberts, P. D. et al. 2008. Evaluation of spray programs containing famoxadone plus cymoxanil, acibenzolar-S-methyl, and *Bacillus subtilis* compared to copper sprays for management of bacterial spot on tomato. Crop Prot. 27 (12): 1519-1526.

Romero-Aranda, R. and J. Longuenesse. 1955. Modelling the effect of air vapour pressure deficit on leaf photosynthesis of greenhouse tomatoes: the importance of leaf conductance to CO_2. J. Hort. Sci. 70 (3): 423-432.

Rick, C. M. 1976. Tomato, pp. 268-273. In: N. W. Simmonds (ed.). Evolution of crop plants. Longman, London.

Rick, C. M. 1978. The tomato. Scientific American 239 (2): 76-87.

Rubinstein, G., S. Morin, and H. Czonsnek. 1999. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus to imidacloprid treated tomato plants by the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Eco. Entomol. 92 (3): 658-662.

Rui, C. H. and B. Z. Zheng. 1990. Yellow sticky traps comined with a mixture of insecticides for the integrated control of glasshouse whitefly. (In Chinese with English summary). Acta Agriculturae Univesitatis Pekinensis 16 (4): 429-435. (c.a. Hort. Abstr. 64: 3678; 1994).

Sabir, F. K. and T. Agar. 2011. Influence of different concentrations of 1-methylcyclopropene on the quality of tomato harvested at different maturity stages. J. Sci. Food Agr. 91: 2835-2843.

Sadik, S. and P. A. Minges. 1966. Symptoms and histology of tomato fruits affected by blotchy ripening. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 532-543.

Sahebani, N. and N. Hadavi. 2009. Induction of H_2O_2 and related enzymes in tomato roots infected with root knot nematode (*M. Javanica*) by several chemical and microbial elecitors. Biocontrol Science and Technology 19 (3): 301-313.

Saligkarias, I. D., F. T. Gravanis, and H. A. S. Epton. 2002. Biologucal control of *Botrytis cinerea* on tomato plants by the use of epiphytic yeasts *Candida guilliermondii* strains 101 and US 7 and *Candida oleophila* strain 1-182:1 in vivo studies. Biological Control 25 (2): 143-150.

Sall, R. E., L. J. Alexander, and C. B. Hall. 1970. Effect of tobacco mosaic virus and bacterial infections on occurrence of graywall of tomato. Proc. Fla State Hort. Soc. 1969. 82: 157-161.

Saltveit, M. E., Jr. and A. R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripening without affecting subsequent quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (5): 793-798.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. I. CRC Press, Boca, Raton, Florida, 208 p.

Sánchez-Rodriguez, A. R., M. C. del Canpillo, and E. Quesada-Moraga. 2015. *Beauveria bassiana*: an entomopathogenic fungus alleviates Fe chlorosis symptoms in plants on calcareous substrates. Sci. Hort. 197: 193-202.

Sanden, P. A. C. M. van de and J. J. Uittien. 1995. Root environment water potential and tomato fruit growth. Acta Horticulturae No. 401: 531-536.

Sanders, D. C. et al. 1989. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 904-908.

Sanhita Gupta, D. K. Arora, and A. K. Srivastava. 1995. Growth promotion of energy stress on *Rhizoctonia solani*. Soil Biology & Biochemistry 27 (8): 1051-1058. (c. a. Hort. Abstr. 66: 1437; 1996).

Sapers, G. M., J. G. Phillips, and A. K. Stoner. 1977. Tomato acidity and the safety of home canned tomatoes. HortScience 12:204-208.

Sapers, G. M., J. G. Phillips, O. Panasiuk, J. Carré, A. K. Stoner, and T. Barksdale. 1978. Factors affecting the acidity of tomatoes. HortSceince 13: 187-189.

Sergent, S. A. and C. L. Moretti. 2004. Tomato. In: ARS, USDA, Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Satti, S. M. E., A. A. Ibrahim, and S. M. Al-Kindi. 1994. Enhancement of salinity tolerance in tomato: implications. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25 (15-16): 2825-2840. (c.a. Hort. Abstr. 65: 4107, 1995).

Saure, M. C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – a calciumor a stress-related disoreder?. Sci. Hort. 90 (3/4): 193-208.

Saure, M. C. 2014. Why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit - a reappraisal. Sci. Hort. 174: 151-154.

Schuster, D. J. 2001. Relationship of silverleaf whitefly population density to severity of irregular ripening of tomato. HortScience 36 (6): 1089-1090.

Selahle, M. K., D. Sivakumar, and P. Soundy. 2014. Effect of photo-selective nettings on post-harvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. J. Sci. Food Agr. 94 (11): 2187-2195.

Serges, T., A. Colombo, and G. Donzella. 2000. The effect of herbaceous grafts on resistant rootstocks on some soil parasites. (In Italian). Informatore Agrario 56 (28): 29-33. c.a. Hort. Abst. 71: Abst. 683; 2001.

Shalaby, F. F., A. A. Abdel-Gawad, A. M. El-Sayed, and M. R. Abo-El-Ghar. 1990. Natural role of *Eretmocerus mundus* Mercet and *Prospaltella lutea* Masi on populations of *Bemisia tabaci* Genn. Agric. Res. Rev. 68 (1): 197-208.

Shao, X., S. Cao, and S. Chen. 2012. Effects of hot water and sodium bicarbonate treatments, singly or in combination, on cracking, residual procymidone contents, and quality of mature red cherry tomato fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 87 (2): 89-94.

Sharaf, N. S. and T. F. Allawi. 1981. Control of *Bemisia tabaci* Genn., a vactor of tomato yellow leaf curl virus disease in Jordon. Zeitschrift fur Pflanznkrankheken und Pflanzenschutz 88: 123-131. (c.a. Hort. Abstr. 51: 7025, 1981).

Sharon, M., C. Willemot, and J. E. Thompson. 1994. Chilling injury induces lipid phase changes in membranes of tomato fruit. Plant Physiology 105 (1): 305-308.

Shen, Z. Y. and P. H. Li. 1983. Induction of frost hardiness in tomato leaves by short-term cold acclimation. HortScience 18: 730-732.

Shimada, T. 1994. Control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabci* (Gennadius), using vinyl films that absorb ultraviolet. (In Japanese with English summary). Proc. Kanto-Tosan Plant Prot. Soc. No. 41: 213-216. c.a. Hort.Abstr. 66: abstr. 1456; 1996.

Shinohara, Y., K. Akiba, T. Maruo, and T. Ito. 1995. Effect of water stress on the fruit yield, quality and physiological condition of tomato plants using gravel culture. Acta Horticulturae No. 396: 211-218.

Sholberg, P. L. and A. P. Gaunce. 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. HortScience 30 (6): 1271-1275.

Showalter, R. K. 1993. Postharvest water intake and decay of tomatoes. HortTechnology 3 (1): 97-98.

Siddiqui, I. A. and S. Ehteshamul-Haque. 2000. Use of *Pseudomonas aeruginosa* for the control of root rot-root knot disease complex in tomato. Nematol. Medit. 28: 189-192.

Sikes, J. and D. L. Coffey 1976. Catfacing of tomato fruits as influenced by pruning. HortScience 11: 26-27.

Silva, H. S. A. et al. 2004. Induction of systemic resistance by *Bacillus cereus* against tomato foliar diseases under field conditions. J. Phytopathol. 152 (6): 371-375.

Silva, T. B. M. et al. 2016. Susceptibility levels of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to minor classes of insecticides in Brazil. Crop Prot. 79: 80-86.

Singer, S. M., A. F. Abou-Hadid, and P. H. Li. 1993a. Improvements in chilling tolerance of tomato seedlings by GLK-8903. Acta Hort. No. 323: 363-370.

Singer, S. M., A. F. Abou-Hadid, and P. H. Li. 1993b. Reducing chilling injury with mefluidide in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Sunny) seedlings. Acta Horticulturae No. 323: 371-378.

Singh, P. and Z. A. Siddiqui. 2010. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by the isolates of *Pseudomonas* on tomato. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 43 (14): 1423-1434.

Singletary, C. C. and G. F. Warren. 1951. influence of time and methods of application of hormones on fruit set. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57: 225-230.

Sivan, A. and I. Chet. 1993. integrated control of Fusarium crown and root rot of tomato with *Trichoderma harzianum* in combination with methyl bromide or soil solarization. Crop Protection 12 (5): 380-386.

Skandalis, N. et al. 2016. Effect of pyraclostrobin application on viral and bacterial diseases of tomato. Plant Dis. 100 (2): 1321-1330.

Smillie, R. M., S. E. Hetherington, and W. J. Davies. 1999. Photosynthetic activity of the calyx, green shoulder, pericarp, and locular parenchyma of tomato fruit. J. Exp. Bot. 50 (334): 707-718.

Smith, O. 1932. Relation of temperarute to anthesis and blossom drop of the tomato together with a histological study of the pistils. J. Agr. Res. 44: 1830-1890.

Smith, A. W. 1968. New look at soil potash for glasshouse tomatoes. N. Z. J. Agric. 117 (2): 70-71.

Snapp, S. S. and C. Shennan. 1994. Salinity effects on root growth and senescence in tomato and the consequences for severity of Phytophathora root rot infection. J. Amer. Soc. Hort Sci. 119 (3): 458-463.

Song, J., K. Nada, and S. Tachibana. 2002. Suppression of S-adenosylmethionine decarboxylase activity is a major cause for high-temperature inhibition of pollen germination and tube growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Plant Cell Physiol. 43 (6): 619-627.

Soto-Zamora, G., E. M. Yahia, J. K. Brecht, and A. Gardea. 2005. Effect of postharvest hot air treatments on the quality of antioxidant levels in tomato fruit. Food Sci. Technol. 38 (6): 657-663.

Soylu, S., M. Soylu, S. Kurt, and D. K. Ekici. 2005. Antagonistic potentials of rhizosphere-associated bacterial isolates against soil-borne diseases of tomato and pepper caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and *Rhizoctonia solani*. Pakistan J. Bio. Sci. 8 (1): 43-48.

Soylu, E. M., S. Soylu, and S. Kurt. 2006. Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blitght disease agent *Phytophthora infestans*. Mycopathologia 161 (2): 119-128.

Spur, A. H. 1959. Hilgardia 28: 269-282.

Stevens, M. A. 1972. Relatonship between components contributing to quality variation among tomato lines. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 70-73.

Stevens. M. A. 1979. Breeding tomatoes for processing, pp. 201-213. In: Proceedings of the 1st international symposium on tropical tomato. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.

Stevens, M. A. and K. N. Paulson. 1976. Contribution of components of tomato fruit alcohol insoluble solids to genotypic variation in viscosity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 91-96.

Stevens, M. A. and C. M. Rick. 1986. genetics and breeding, pp. 35-109. In: J. G. Atherton and J. Rudich (eds.).The tomato crop. Chapman and Hall, London.

Stevens, M. A. and J. Rudich. 1978. genetic potential for overcoming physiological lilmitatons on adaptability, yield, and quality in the tomato. HortScience 13: 673-678.

Stevens, M. A., A. A. Kader. M. Albright-Holton, and M. Algazi. 1977. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 680-689.

Stevens, C. et al. 1998. Application of hormetic UV-C for delayed ripening and reduction of Rhizopus soft rot in tomatoes: the effect of tomatine on storage rot development. J. Phytopathol. 146 (5/6): 211-221.

Su, H. and D. Gubler. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). Postharvest Biol. Technol. 64: 133-137.

Sun, Y. X. and T. X. Liu. 2016. Effectiveness of imidacloprid in combination with a root nitrogen fertilizer applied to tomato seedlings against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Alyeyrodidae). Crop Prot. 80: 56-64.

Suzuki, K., H. Takeda, and Y. Egawa. 2000. Morphological aspect of blossom-end rot fruits of tomato. Acta Hort. No. 511: 257-264.

Szmidt, R. A. K. and N. B. Graham. 1991. The effect of poly(ethylene oxide) hydrogel in crop growth under saline conditions. Acta Horticulturae No. 287: 211-218.

Tabatabaei, S. J., P. J. Gregory, and P. Hadley. 2004. Distribution of nutrients in the root zone affects yield, quality and blossom end rot of tomato fruits. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79 (1): 158-163.

Takahata, K. and H. Miura. 2014. Increasing the sugar concentration in tomato fruit juice by coiling wire around plant stems. HortTechnology 24 (1): 76-80.

Talavera, M., K. Itou, and T. Mizukubo. 2002. Combined application of *Glomus* sp. and *Pasteuria penetrans* for reducing *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations and improving tomato growth. Appl. Entomol. Zool. 37 (1): 61-67.

Tamietti, G., L. Ferraris, A. Matta. And I. A. Gentile. 1993. Physiolotical responses of tomato plants grown in Fusarium suppressive soil J. Phytopath. 138 (1): 66-76.

Tarkanov, G. I., S. A. Dovedar, L. G. Avakimova, E. N. Andreeva, and E. A. Sysina. 1978. Methods of increasing fruit set in tomato under high temperature conditions. (In Russian). Leningrad, USSR, p. 123-129. Referativnyi Zhurnal (1979) 6. 55. 330.

Taylor, M. D., S. J. Locascio, and M. R. Alligood. 2004. Blossom-end rot incidence of tomato as affected by irrigation quantity, calcium source, and reduced potassium. HortScience 39 (5): 1110-1115.

Tezuka, N., M. Ishii, and Y. Watanbe. 1983. Effect of relative humidity on the development of gray mold of tomato in greenhouse cultivation. Bul. Veg. & Ornamental Crops Res. Sta., Minist. Agric. Forest & Fish., Japan. Series A No. 11: 105-111.

Thompsom, A. E., M. L. Tomes, H. T. Erickson, E. V. Wann, and R. J. Armstrong. 1976. Inheritance of crimson sweet color in tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91: 495-504.

Thwe, A. A., et al. 2015. effects of acute ozone stress on reproductive traits of tomato, fruit yield and fruit composition. J. Sci. Food Agr. 95 (3): 614-620.

Tiecher, A., L. A. de Paula, F. C. Chaves, and C. V. Rombaldi. 2013. UV-C effect on ethylene, polyamines and regulation of tomato fruit ripening. Postharvest Biol. Technol. 68: 230-239.

Tomer, E. et al. 1998. Varietal difference in the susceptibility to pointed fruit malformation in tomatoes: histological studies of the ovaries. Sci. Hort. 77 (3/4): 145-154.

Tu, J. C. and J. M. Zheng. 1994. Comparison of several biological agents and benomyl in the control of Fusarium crown and root rot of tomatoes, pp. 951-958. In: 46ix International symposium on crop protection, Gent, Belgium, 3 May, 1994. Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenshappen, Universiteit Gent. (c.a. Rev. Plant Pathol. 75: 397; 1996).

Tubajika, K. M. 2009. Effectiveness of alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride in reducing the population of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in tomatoes, beans, and peppers. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 42 (7): 688-697.

Turtoi, M. 2013. Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: a review. J. Agroalimentary Processes and Technologies 19 (3): 325-337.

Tzortzakis, N., I. Singleton, and J. Barnes. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 47 (1): 1-9.

Utto, W., A. J. Mawson, and J. E. Bronlund. 2008. Hexanal reduces infection of tomatoes by *Botrytis cinerea* whilst maintaining quality. Postharvest Biol. Technol. 47 (3): 434-437.

Uzun, S. 2006. The quantitative effects of temperature and light on the number of leaves preceding the first fruiting inflorescence on the stem of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and aubergine (*Solanum melongena* L.). Sci. Hort. 109 (2): 142-146.

Valsov, Yu. I., T. A. Yakutkina, and S. V. Balaeva. 1974. Studies on protective inoculation of tomatoes against virus diseases in the Leningrad region (In Russian). Trudy Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovatel-Skogo Instituta Zashchity Rastenii 41: 46-49.

Vanderveken, J. and S. Coutisse. 1975. Control of tobacco mosaic virus in tomato by cross protection. (In French). Mededlingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 40: 791-797.

Van Ieperen, W. 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield, and quality of tomato. J. Hort. Sci. 71 (1): 99-111.

Varga, A. and J. Bruinsma. 1986. Tomato, pp. 461-481. In: S. P. Monselise (ed). Handbook of fruit set and development. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Vasanthi, V. J. et al. 2010. Induced systemic resistance to tomato leaf curl virus and increased yield in tomato by plant growth promoting rhizobacteria under field conditions. Archives of Phytopathol. and Plant Prot. 43 (15): 1463-1472.

Vavrina, C. S., P. A. Stansley, and T X. Liu. 1995. Household detergent on tomato: phytotoxicity and toxicity to silverleaf whitefly. HortScience 30 (7): 1406-1409.

Vieira, dos Santos, M. C. and R. H. C. Curtis. 2013. Effect of plant elicitors on the reproduction of the root-knot nematode *Meloidogyne chitwoodi* on susceptible hosts. Europ. J. Plant Pathol. 136 (1): 193-202.

Vogel, J. T. et al. 2010. Carotenoid content impacts flavor acceptability in tomato (*Solanum lycopersicom*) J. Sci. Food Agr. 90 (13) 2233-2240.

Wakeham, A., A. Langton, S. Adams, and R. Kennedy. 2016. Interface of the environment and occurrence of *Botrytis cinerea* in pre-symptomatic tomato crops. Crop Prot. 90: 27-33.

Walter, J. M. 1967. Hereditary resistance to disease in tomato. Ann. Rev. Phytopathol. 5: 131-162.

Wang, C. and Y. Fan. 2014. Eugenol enhances the resistance of tomato against tomato yellow leaf curl virus. J. Sci. Food Agr. 94 (4): 677-682.

Wang, L. et al. 2015. Effect of methyl salicylate and methyl jasmonate pre-treatment on the volatile profile in tomato fruit subjected to chilling temperature. Postharvest Biol. Technol. 108: 28-38.

Wareing, P. E. and I. D. J. Phillips. 1978. The Control of growth and differentiation in plants. Pergamon Pr., Oxford. 347 p.

Warren, J. E. and M. A. Bennett. 1999. Bio-osmopriming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds for improved stand establishment. Seed Science and Technology 27 (2): 489-499.

Waterhout, J. 1962. Relation of fruit development to the incidence of blossom end rot of tomatoes. Netherlands. J. Agric. Sci. 10: 223-234.

Weaver, M. L. and H. Timm. 1989. Screening tomato for high-temperature tolerance through pollen viability tests. HortScience 24: 493-495.

Wei, Y. et al. 2016. Defense response of cherry tomato at different maturity stages to combined treatment of hot air and *Cryptococcus laurentii*. Postharvest Biol. Technol. 117: 177-186.

Wen, A., B. Balogh, M. T. Momol, S. M. Olson, and J. B. Jones. 2009. Management of bacterial spot of tomato with phosphorus acid salts. Crop Prot. 28 (10): 859-863.

Wien, H. C. and A. D. Turner. 1994. Screening fresh-market tomatoes for susceptibility to catfacing with GA_3 foliar sprays. HortScience 29 (1): 36-37.

Wien, H. C. and Y. Zhang. 1991. Gibberellic acid foliar sprays show promise as screening tool for tomato fruit catfacing. HortSceince 26: 583-585.

Wills, R. B. H. and V. V. V. Ku. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. Postharvest Bio. Technol. 26: 85-90.

Willumsen, J., K. K. Petersen, and K. Kaack. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. J. Hort. Sci. 71 (1): 81-98.

Wittwer, S. H. 1954. Control of flowing and fruit setting by plant regulators, pp. 62-80. In: H. B. Tukey (ed.). Plant regulators in agriculture. Wiley, N. Y.

Wittwer, S. H. 1963. Photoperiod and flowering in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83: 688-694.

Wittwer, S. H. and S. Honma. 1979. Greenhouse tomatoes, lettuce and cucumbers. Mich. State Univ., East Lansing. 225 p.

Wittwer, S. H. and F. G. Teubner. 1957. The effects of temperature and nitrogen nutrition on flower formation in the tomato. Amer. J. Bot. 44: 125-129.

Xu, H. L., L. Gauthier, and A. Goosselin. 1994. Photosynthetic responses of greenhouse tomato plants to high solution electrical conductivity and low soil water content. J. Hort. Sci. 69 (5): 821-832.

Xu, F., S. Liu, and X. Feng. 2016. Effect of 1-octycyclopropene on physiological responses and expression of ethylene receptors gene in harvested tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 117: 30-37.

Yamazaki, H. and T. Hoshina. 1995. Calcium nutrition affects resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. HortScience 30 (1): 91-93.

Yan, F., S. Xu, Y. Chen, and X. Zheng. 2014. Effect of rhamnolipids on *Rhodotorula glutinis* biocontrol of *Alternaria alternata* infection in cherry tomato fruit. Postharvest Bio. Technol. 97: 32-35.

Yanagi, T., Y. Ueda, H. Sato, H. Hirai, and Y. Oda. 1995. Effects of shading and fruit set on fruit quality in single truss tomato. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Hort. Sci. 64 (2): 291-297. (c.a. Hort. Abstr. 66: 537; 1996).

Yanar, Y., D. Yanar, and N. Gebologlu. 2011 (Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate (K_2SiO_3). African J. Biotechnol. 10 (16): 3121-3123.

Yang, Y. et al. 2016. Inhibition of nitric oxide synthesis delayed mature-green tomato fruits ripening induced by inhibition of ethylene. Sci. Hort. 211: 95-101.

Yasinok, A. E., F. I. Sahin, F. Eyidogan, M. Kuru, and M. Haberal. 2009. Grafting tomato plant on tobacco plant and its effect on tomato plant yield and nicotine content. J. Sci. Food Agr. 89 (7): 1122-1128.

Yassin, A. M. 1983. A review of factors influencing control strategies against tomato leaf curl virus disease in the Sudan. Tropical Pest. Management 29: 253-256.

Young, T. E., J. A. Juvik, and J. G. Sullivan. 1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 286-292.

Yu, M., L. Shen, B. Fan, D. Zhao, Y. Zheng, and J. Sheng. 2009. The effect of MeJA on ethylene biosynthesis and induced disease resistance to *Botryits cinerea* in tomato. Postharvest Biology and Technology 54 (3): 153-158.

Zhang, J., X. Jiang, T. Li, and T. Chang. 2012. Effect of elevated temperature stress on the production and metabolism of photosynthate in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) leaves. J. Hort. Sci. Biotechnol. 87 (4): 293-298.

Zhang, X., J. Sheng, F. Li, D. Meng, and L. Shen. 2012. Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 64: 160-167.

Zhang, X., L. Shen, F. Li, D. Meng, and J. Sheng. 2013. Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: changes in endogenous arginine catabolism. Postharvest Biol. Technol. 76: 106-111.

Zhang, X., L. Shen, F. Li, D. Meng, and J. Sheng. 2013. Hot air treatment-induced arginine catabolism is associated with elevated polyamines and proline levels and alleviates chilling injury in postharvest tomato fruit. J. Sci. Food Agr. 93 (13): 3245-3251.

Zhang, X. et al. 2016. Involement of arginase in methyl jasmonate-induced tomato fruit chilling tolerance. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 141 (2): 139-145.

Zhou, L., G. Yuen, Y. Wana, L. Wei, and G. Ji. 2016. Evaluation of bacterial biological control agents for control of root-knot nematode disease on tomato. Crop Prot. 84: 8-13.

Zhu, Z. and S. Tian. 2012. Resistant resposnses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to *Botrytis cinerea* infection. Sci. Hort. 142: 38-43.

Zhu, T., W. R. Tan, X. G. Deng, T. Zheng, and D. W. Zhang. 2015. Effects of brassionsteroids on quality attributes and ethylene synthesis in postharvest tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 100: 196-204.

Zhu, Z. and X. Zhang. 2016. Effect of harpin on control of postharvest decay and resistant responses of tomato fruit. Postharvest Biol. Technol. 112: 241-246.

Zushi, K. and N. Matsuzoe. 2015. Metabolic profile of organoleptic and health-promoting qualities in two tomato cultivars subjected to salt stress and their interactions using correlation network analysis. Sci. Hort. 184: 8-17.

صدَرَ للمؤلف

صدَرَ للمؤلف الكتب التالية:

أولاً: فى مجال أساسيات وتقنيات إنتاج وتداول الخضر

١- أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٩٢٠ صحة.

٢- تكنولوجيا الزراعات المحمية (الصوبات) (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٥ صفحة.

٣- أساسيات إنتاج الخضر فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٤- إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

٥- أساسيات وفسيولوجيا الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٥٩٦ صفحة.

٦- تكنولوجيا إنتاج الخضر (١٩٩٨). المكتبة الأكاديمية — ٦٢٥ صفحة.

٧- الأساليب الزراعة المتكاملة لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٨٦ صفحة.

٨- تكنولوجيا الزراعات المحمية (١٩٩٩). المكتبة الأكاديمية — ٥٣٥ صفحة.

٩- الممارسات الزراعية لمكافحة أمراض وآفات وحشائش الخضر: البدائل العلمية والعملية المتكاملة (٢٠١٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٨٣ صفحة.

١٠- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٥٢ صفحة.

١١- تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٤٦٤ صفحة.

١٢- أصول الزراعة العضوية: ما لها وما عليها (٢٠١١). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٣٩٤ صفحة.

١٣- أصول الزراعة المحمية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٨٣٦ صفحة.

١٤- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية – ٩٦٨ صفحة.

١٥- تداول الحاصلات البستانية: تكنولوجيا وفسيولوجيا ما بعد الحصاد (٢٠١٥). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس ، والمكتبة الأكاديمية– ٥٤٨ صفحة.

١٦- الأهمية الغذائية والطبية للخضروات. (٢٠١٥). دار الكتب العلمية والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية – ٣٧٨ صفحة.

١٧- تسميد محاصيل الخضر (٢٠١٦). دار الكتب العلمية، والدار العربية للنشر والتوزيع، ومكتبة أوزوريس، والمكتبة الأكاديمية- ٦٩٣ صفحة.

١٨- عوامل الشد البيئى ووسائل الحد من أضرارها: الحلول التكنولوجية لتحديات ومعوقات إنتاج الخضر فى الظروف البيئية القاسية. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٦٤٨ صفحة.

١٩- بدائل المبيدات لمكافحة أمراض وآفات الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٤٨٩ صفحة.

ثانيًا: فى مجال إنتاج محاصيل الخضر

١- الطماطم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع – ٣٣١ صفحة.

٢- البطاطس (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع – ١٨٦ صفحة.

٣- البصل والثوم (١٩٨٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٩١ صفحة.

٤- القرعيات (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٠٧ صفحات.

٥- الخضر الثمرية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠١ صفحة.

٦- الخضر الثانوية (١٩٨٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩١ صفحة.

٧- الخضر الجذرية والساقية والورقية والزهرية (١٩٩٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٧٤ صفحة.

٨- إنتاج محاصيل الخضر (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧١٢ صفحة.

٩- إنتاج خضر المواسم الدافئة والحارة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٨ صفحة.

١٠- إنتاج خضر المواسم المعتدلة والباردة فى الأراضى الصحراوية (١٩٩٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٨٥ صفحة.

١١- الطماطم: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥١١ صفحة.

١٢- الطماطم: الأمراض والآفات ومكافحتها (١٩٩٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢١٠ صفحات.

١٣- إنتاج البطاطس (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٤٦ صفحة.

١٤- إنتاج البصل والثوم (١٩٩٩). الدار العربية للنشر والتوزيع— ٣٧١ صفحة.

١٥- القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج، والفسيولوجى، والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٩٨ صفحة.

١٦- القرعيات: الأمراض والآفات ومكافحتها (٢٠٠٠). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٠ صفحة.

١٧- إنتاج الفلفل والباذنجان (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٣٦ صفحة.

١٨- إنتاج الخضر البقولية (٢٠٠١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٢٤ صفحة.

١٩- إنتاج الفراولة (٢٠٠٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٨٨ صفحة.

٢٠- إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٢٧ صفحة.

٢١- إنتاج الخضر الخيمية والعليقية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣١٥ صفحة.

٢٢- إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية (٢٠٠٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٠ صفحة.

٢٣- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الأول (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٤ صفحات.

٢٤- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الثانى (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٠٠ صفحة.

٢٥- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية — الجزء الثالث (٢٠٠٤). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٢٤ صفحة.

٢٦- تكنولوجيا الإنتاج المتميز للطماطم (٢٠١٨). دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٢٠٨ صفحات.

ثالثًا: فى مجال تربية النبات

١- أساسيات تربية النبات (١٩٩١). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٦٨٢ صفحة.

٢- تربية محاصيل الخضر (١٩٩٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٨٠٠ صفحة.

٣- تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات (١٩٩٣). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٧٨ صفحة.

٤- الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النباتات: التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية (١٩٩٥). المكتبة الأكاديمية — ٣٢٨ صفحة.

٥- الأسس العامة لتربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٤٧٧ صفحة.

٦- طرق تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٣٩٣ صفحة.

٧- تحسين الصفات الكمية: الإحصاء البيولوجى وتطبيقاته فى برامج تربية النبات (٢٠٠٥). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٥١ صفحة.

٨- التكنولوجيا الحيوية وتربية النبات (٢٠٠٧). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٨٣ صفحة.

٩- تطبيقات تربية النبات فى مكافحة الأمراض والآفات (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥٨٥ صفحة.

١٠- تربية النبات لتحمل الظروف البيئية القاسية (٢٠١٢). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٥٤٤ صفحة.

١١- مبادئ تربية محاصيل الخضر (٢٠١٧). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٢٥٧.

١٢- أساسيات تربية الطماطم (٢٠١٧). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٨٠ صفحة.

١٣- تربية الطماطم لتحسين المحصول وصفات الجودة (٢٠١٧) . الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٤٤ صفحة.

١٤- تربية الطماطم لتحمل الظروف البيئية القاسية (٢٠١٧). الدار العربية للنشر والتوزيع — ١٦٠ صفحة.

١٥- تربية الطماطم لمقاومة الأمراض والآفات (٢٠١٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٣ صفحات.

رابعًا: فى مجال أصول البحث العلمى والكتابة العلمية

١- أصول البحث العلمى — الجزء الأول: المنهج العلمى وأساليب كتابة البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية — ٤١٧ صفحة.

٢- أصول البحث العلمى — الجزء الثانى: إعداد وكتابة ونشر البحوث والرسائل العلمية (١٩٩٦). المكتبة الأكاديمية — ٢٧٣ صفحة.

٣- أصول إعداد ونشر البحوث والرسائل العلمية (٢٠٠٨). الدار العربية للنشر والتوزيع — ٧٧٠ صفحة.



شكل (٤–١) تعفن الطرف الزهرى

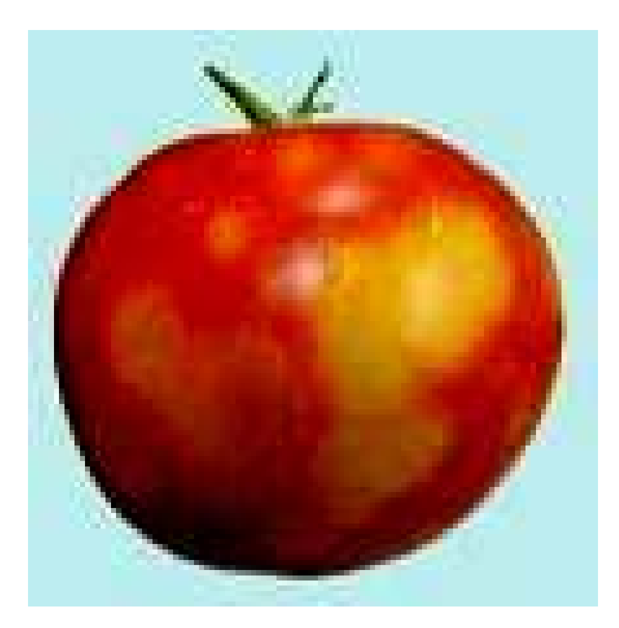


شكل (٤–٢) التشقق الدائرى بثمار الطماطم



شكل (٤–٣): التشقق العمودى بثمار الطماطم

شكل (٤–٤): لفحة الشمس



شكل (٤–٦): النضج المتلطخ بثمار الطماطم



شكل (٤–٧): الأنسجة الداخلية البيضاء



شكل (٤–٨): الكتف الأصفر أو القمة الصفراء



شكل (٤–٩): وجه القط



شكل (٦-١): أعراض الإصابة بفيرس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم



المؤلف فى سطور

دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة ١٩٤٢. حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠. عمل بجامعات الإسكندرية، والقاهرة، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية. له ٦٣ مؤلفًا علميًّا (توجد قائمة بها فى الصفحات الأخيرة من الكتاب) وأكثر من ٨٢ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية. حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.

سلسلة الإنتاج المتميز لمحاصيل الخضر
وكيفية التعامل مع تحديات إنتاجها وتصديرها

تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة ـ جامعة القاهرة

يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

حسن، أحمد عبد المنعم
تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها/ تأليف أحمد عبد المنعم حسن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠١٩ م
٤٨٩ ص, ١٧ × ٢٤- (سلسلة الإنتاج المتميز لمحاصيل الخضر).
تدمك: ١- - - ٩٧٧- ٩٧٨
١. الخضر
٢. الطماطم
أ. العنوان

الطبعة الأولى
١٤٤٠هـ - ٢٠١٩م

رقم الإيداع: /٢٠١٨
تدمـــــك: ١- - - ٩٧٧- ٩٧٨

توزيـــع

القاهرة: - دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع - الدار العربية للنشر والتوزيع الحديثة (دربالة)

الجيزة: المكتبة الأكاديمية.

المنصورة: المكتبة العصرية.

وكذلك يطلب من كبرى دور النشر والمكتبات بمصر والعالم العربى

المؤلف فى سطور

دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة ١٩٤٢. حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠. عمل بجامعات الإسكندرية، والقاهرة، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية. له ٦٣ مؤلفًا علميًّا (توجد قائمة بها فى الصفحات الأخيرة من الكتاب) وأكثر من ٨٢ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية. حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.